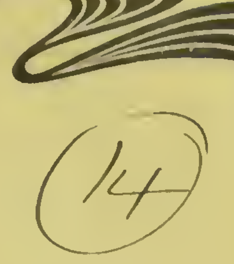
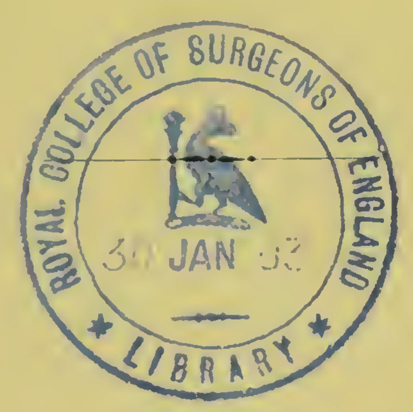


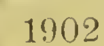
Die Arbeitscurve

Von

Emil Kraepelin
Professor in Heidelberg

Mit fünf Figuren im Text und einer Tafel



Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
 1902

Die Arbeitscurve

Von

Emil Kraepelin
Professor in Heidelberg

Mit fünf Figuren im Text und einer Tafel



Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1902

Sonderausgabe aus: Wundt-Festschrift, Philosophische Studien Bd. XIX.



Als das feste, gemeinsame Band, das die bunte Folge der Tageseindrücke zu einer zusammenhängenden Kette von Erlebnissen aneinanderschließt, erkennen wir ohne weiteres das Bewusstsein unserer Persönlichkeit. Wir sind daher gewöhnt, den wechselnden Bildern der Außenwelt unser eigenes Ich als den Spiegel gegenüberzustellen, der unverändert bleibt, so viele und so mannigfache Strahlen er auch in sich aufnimmt. Es liegt auf der Hand, dass dieser Auffassung nur eine eng begrenzte Berechtigung zukommt. Zunächst ist der Schatz unserer Vorstellungen und unsere gesammte Eigenart bestimmten, langsamen und allmählichen Umwandlungen unterworfen, die sich im Laufe des Lebens deutlich genug erkennen lassen. Sodann aber sind wir auch nichts weniger, als unbetheiligte Zuschauer, sondern wir sind Mitspieler auf der Bühne des Daseins: wir verarbeiten unsere Erfahrungen geistig und gemüthlich und setzen sie in Handlungen um, oft genug unter den heftigsten inneren Erschütterungen. Endlich vermögen äußere Einflüsse aller Art, am entschiedensten gewisse Krankheiten und Gifte, in kürzester Frist die stärksten Umwälzungen in unserer seelischen Persönlichkeit hervorzubringen.

Aber auch dann, wenn wir von allen äußeren Einwirkungen nach Möglichkeit losgelöst sind, herrscht in dem scheinbar so festen Kerne unseres Wesens keine wirkliche Stetigkeit. Vielmehr vollziehen sich in unserem inneren Leben unausgesetzte Wandlungen ohne Ruhepunkt. Wie das Gleichgewicht in unserem Körperhaushalte fortwährend durch das verwickelte Ineinandergreifen der verschiedenartigsten Leistungen aller Theile vermittelt wird, so ist auch unser

Seelenzustand in jedem Augenblicke von dem Zusammenwirken mannigfaltiger, sich vielfach durchkreuzender Vorgänge bestimmt. In ihren allgemeinen Umrissen ist uns diese Abhängigkeit unseres Ich von Allgemeinbefinden und Stimmung, von Ermüdung, Ruhe und Schlaf, von Hunger und Sättigung u. s. f. vollkommen bekannt. Sie lässt sich aber auch in ihren Einzelheiten verfolgen, sobald man zu dem Hülfsmittel des planmäßigen psychologischen Versuches greift. Wir sind im stande, nicht nur die Schwankungen unserer seelischen Leistungen nachzuweisen und zu messen, sondern auch bis zu einem gewissen Grade ihre Ursachen aufzudecken und die Theilvorgänge von einander zu trennen, aus denen sich jeweils die Gesammtleistung zusammensetzt. Freilich werden wir uns dabei zunächst zu bescheiden haben. Es sind bis heute nur einzelne, sehr einfache Formen der geistigen Thätigkeit, aus denen wir Maßbestimmungen für die wechselnden Zustände unseres Innern ableiten können. Wir dürfen indessen wohl erwarten, dass die einmal gewonnenen Grundanschauungen sich späterhin auch auf anderen Gebieten des Seelenlebens als gültig erweisen werden.

I. Der Gang der Arbeitscurve.

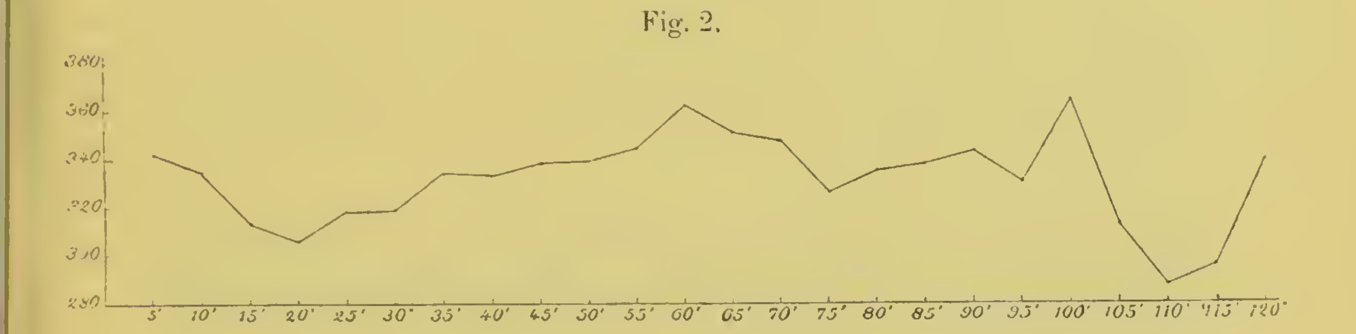
Die Frage nach den Schwankungen der geistigen Leistungen ist mir zuerst bei dem Bestreben nahe getreten, die Beeinflussung des Seelenlebens durch äußere Einwirkungen, insbesondere durch Gifte, zu messen. Bei solchen Versuchen zeigte sich nämlich, dass die Dauer einfacher psychischer Vorgänge an verschiedenen Tagen unter gleichen äußeren Umständen durchaus nicht die gleiche war. Ging daraus die Abhängigkeit der geistigen Thätigkeit von wechselnden inneren Bedingungen hervor, so musste mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass sich Aenderungen auf diesem Gebiete auch schon im Laufe eines länger dauernden einzelnen Versuches herausstellen könnten, die dann irrthümlicher Weise als Giftwirkungen hätten gedeutet werden können. Unter diesen Umständen erwies es sich als nothwendig, zunächst zu untersuchen, welchen Wandlungen die geistigen Leistungen aus inneren Gründen, ohne Wechsel der äußeren Bedingungen, unterliegen. Als Maß der Leistungsfähigkeit dienten dabei fortlaufende Reihen von einfachen, gleichartigen Einzelaufgaben,

von denen in einer bestimmten Zeit, meist in je 5 Minuten, möglichst viele gelöst werden mussten. Bei weitem am häufigsten wurde bei diesen, vor nunmehr 14 Jahren zuerst begonnenen Versuchen das zifferweise Addiren einstelliger Zahlen verwendet. Durch dieses ungemein einfache und anscheinend ziemlich rohe Verfahren konnten eine große Reihe von Erfahrungen gesammelt werden, die uns heute schon einen ungefähren Einblick in die verwickelte Zusammensetzung

Fig. 1.



Fig. 2.



der geistigen Arbeitscurve gestatten, wenn auch im einzelnen noch Vieles aufzuklären bleibt.

War ich ursprünglich von der Vorstellung ausgegangen, dass die Arbeitswerthe nach einigen einleitenden Schwankungen eine annähernde Stetigkeit erreichen würden, so zeigte sich sehr bald, dass von einem derartigen Verlaufe der Arbeitscurve niemals die Rede ist. Auch wenn wir vorerst von den mehr unregelmäßigen Schwankungen der Leistung absehen, verläuft die Arbeitscurve höchstens auf ganz kurze Strecken einmal in gleicher Höhe. Fast immer wird man in ihren größeren Abschnitten eine absteigende oder aufsteigende

Verlaufsrichtung erkennen; nicht selten tritt nach längerer Arbeit eine entschiedene Richtungsänderung ein. Als Beispiele für die drei Grundformen der Arbeitscurve seien hier aus der Arbeit von Oehrn[1]) die zweistündigen Addirleistungen von H. und F. (Fig. 1 und 2) sowie K.'s zweistündige Leistung im Zahlenlernen nach dem Verfahren von Ebbinghaus (Fig. 3) wiedergegeben. Die Werthe bedeuten die in je 5 Minuten addirten oder gelernten Zahlen; auf der Grundlinie sind die Zeitabschnitte in Minuten angezeichnet.

Mustert man eine Anzahl von längeren Arbeitscurven, so bemerkt man, dass in der Regel gegen den Schluss hin eine Senkung eintritt, auch wenn die Richtung vorher eine aufsteigende war wie in

Fig. 3.



Fig. 2. Unter den von Oehrn mitgetheilten 70 2stündigen Reihen stand nur 8 mal der höchste erreichte Werth am Ende, aber 24 mal ganz am Anfange. Der Grund für dieses Verhalten liegt ohne Zweifel in dem Auftreten von Ermüdung, die bei längerer Dauer der Arbeit immer mehr einen maßgebenden Einfluss auf die Leistung gewinnt. Da aber doch nicht alle Curven absteigend verlaufen, so muss es eine Ursache geben, die der Ermüdung entgegenwirkt und sie zeitweise oder dauernd überwiegt. Auch über diese Ursache werden wir nicht lange im unklaren sein: es ist die Uebung. Aus der Uebersicht Oehrn's ist leicht zu erkennen, dass ein durchweg

1) Experimentelle Studien zur Individualpsychologie. Kraepelin's Psychologische Arbeiten, I, S. 135. Die Curven stellen nach den ursprünglichen Zahlen aus Oehrn's Aufzeichnungen für H. und F. den ersten, für K. den zweiten der aufeinander folgenden gleichartigen Versuche dar.

aufsteigender Verlauf der Arbeitscurve besonders bei solchen Arbeiten beobachtet wird, die wenig geübt und daher dem Uebungseinflusse sehr zugänglich sind, wie das Buchstabenzählen zu 3, sowie das Lernen von Zahlen (Fig. 3) und Silben.

Allerdings ist von einer Regelmäßigkeit dieses Verhaltens so wenig die Rede, dass eine einheitliche Deutung der sich anscheinend vielfach widersprechenden Erfahrungen auf den ersten Blick unmöglich scheint. Gerade beim Silbenlernen liegt unter 10 Reihen 6 mal die höchste Leistung in der ersten Viertelstunde; andererseits finden wir dieselbe Erscheinung beim Schreiben 5 mal und beim Lesen 4 mal wieder; bei letzterem wird der beste Werth einmal auch erst am Schlusse erreicht. Die Lösung dieser und anderer ähnlicher Schwierigkeiten liegt in der Erwägung, dass wir es in der Gestaltung der Arbeitscurve mit einem Kampfe entgegengesetzter Einflüsse zu thun haben, von denen der eine oder der andere die Oberhand gewinnen kann. Das Erlernen 12 stelliger Reihen von sinnlosen Silben, wie es hier geübt wurde, ist nicht nur eine ungewohnte, sondern auch eine anstrengende Arbeit. Bei der Mehrzahl der Versuchspersonen war daher anscheinend die ermüdende Wirkung dieser Leistung stärker, als die allmählich sich herausbildende Erleichterung durch die Uebung; bei zwei anderen war es gerade umgekehrt, während die letzten Zwei nach kurzem Ueberwiegen der Uebungswirkung späterhin wachsende Ermüdungslähmung darboten. Ein ganz ähnlicher Widerstreit bestand offenbar beim Zahlenlernen, doch trat bei dieser weniger anstrengenden Arbeit die Ermüdung etwas mehr hinter den Uebungseinflüssen zurück. Beim Schreiben war es ohne Zweifel vorzugsweise die Ermüdung der Hand, die in der Hälfte der Reihen von vorn herein ein Sinken der Leistung bedingte. Dagegen haben wir im flüsternden Lesen eine Leistung vor uns, die, anders als das Silbenlernen, weder ermüdend, noch der Uebung sehr zugänglich ist. Wenn sich hier die Arbeitscurve mehrfach von vorn herein senkte, so lag das an der Geringfügigkeit des Uebungsfortschrittes, und wenn trotzdem auch einmal der höchste Werth am Ende der Reihe lag, so haben wir dafür das Ausbleiben stärkerer Ermüdungswirkungen verantwortlich zu machen.

Es bietet keine Schwierigkeit, unter diesen Gesichtspunkten ein allgemeines Verständniss für den Ausfall der verschiedenartigen, von

Oehrn mitgetheilten Versuche zu gewinnen. So lange die Curven ansteigen, überwiegt die Uebungswirkung; sobald sie zu sinken beginnen, die Ermüdung. Das gegenseitige Verhältniss beider Einflüsse ist indessen von einer Reihe verschiedenartiger Umstände abhängig, die zum Theil in der persönlichen Eigenart, zum Theil aber in den besonderen Versuchsbedingungen liegen. Die meisten der in den Versuchen gestellten Aufgaben können von den Arbeitern auf verschiedene Weise gelöst werden und bedingen dabei bald mehr, bald weniger Anstrengung; so erscheint mir das Lernen mit Hülfe der motorischen Sprachvorstellungen, das sogenannte »mechanische« Lernen, weniger ermüdend, als die Einprägung der Gesichtsbilder. Ein solcher Unterschied, der übrigens im Laufe längerer Versuchsreihen manchen Wandlungen unterworfen sein kann, vermag recht wohl das Verhältniss von Uebungs- und Ermüdungswirkung zu verschieben. Wie viele Andere, finde ich das Silbenlernen schwieriger, als das Zahlenlernen; dem entsprechend sinkt meine Arbeitscurve dort, während sie hier, bei einer sonst so nahe verwandten Thätigkeit, steigt bis zum Schlusse.

Wir können nicht zweifeln, dass bei genügend langer Fortsetzung der Arbeit jede Curve schließlich sinken muss. Die Ermüdung gewinnt unter allen Umständen endlich die Oberhand; ihr Fortschritt muss demnach von einem gewissen Punkte an schneller vor sich gehen, als derjenige der Uebung. Die Lage dieses Punktes wird, abgesehen von den Ermüdungs- und Uebungswirkungen der Thätigkeit selbst, durch das Maß von Ermüdung und Uebung bestimmt, mit dem der Versuch begonnen wurde. Die lähmenden Einflüsse gewinnen in der Arbeitscurve um so rascher das Uebergewicht über den Uebungsfortschritt, je höher der Grad von Ermüdung war, der beim Eintritt in die Arbeit bestand. Oehrn theilt die nach einer durchreisten Nacht erhaltene, rasch sinkende Addircurve einer Versuchsperson mit, bei der sonst die Leistung in der gleichen Zeit weit höher zu bleiben pflegte. Solche Ermüdungsreste können, wie Bettmann[1]) gezeigt hat, nicht nur aus der letzten, sondern sogar aus einer noch früheren Nacht stammen; sie können aber auch durch die Arbeit des gleichen Tages erworben werden. Versuche am

1) Psychologische Arbeiten I, S. 202.

Morgen werden daher ein anderes Gepräge zeigen, als solche des Abends. Hier werden wir im allgemeinen ein früheres Sinken der Arbeitscurve zu erwarten haben, als dort. Auch wenn keine eigentliche Arbeit voraufgegangen ist, nimmt im Laufe des Tages die Ermüdung zu, bis ihr Ausgleich durch den Schlaf erfolgt. Gerade die unweigerliche Nothwendigkeit des Schlafes nach längerer Zeit des Wachseins lehrt uns am eindringlichsten, dass in jeder Arbeitscurve das Verhältniss zwischen den Einflüssen der Uebung und der Ermüdung allmählich ungünstiger werden muss.

Allerdings hat es den Anschein, als ob in dieser Beziehung gewisse persönliche Unterschiede bestehen. Lindley[1]) führt die sehr starke Ermüdbarkeit seiner Versuchsperson C. zum Theil auf den Umstand zurück, dass C. ein Abendarbeiter und deswegen morgens ermüdbarer war als abends. Richtig ist es, dass ausgeprägte Abendarbeiter morgens trotz des vorhergegangenen Schlafes ein Gefühl starker Müdigkeit haben können, das sich erst allmählich verliert, während sie sich abends frisch und leistungsfähig fühlen. Es ist indessen einstweilen fraglich, ob wir es in jenem Falle wirklich mit Ermüdung zu thun haben, wie sie den Morgenarbeiter am Schlusse seines Tagewerkes überwältigt. Ich habe mich davon überzeugen können, dass dem Gefühle der Arbeitsunlust am Morgen bei Abendarbeitern in der That eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit entsprach. Indessen fand ich, dass mit dem Schwinden jenes Gefühls im Laufe der Thätigkeit die Arbeitswerthe anwuchsen. Andererseits konnte ich feststellen, dass bei einem Abendarbeiter zwar abends die Leistung am höchsten war, dass aber die Arbeitscurve eine deutliche Neigung zum Sinken darbot.

Wie mir scheint, haben wir nur dann ein Recht, eine Herabsetzung der Leistung als Ermüdungserscheinung anzusehen, wenn sie durch die Arbeit selbst gesteigert wird, nicht aber, wenn sie beim Fortarbeiten abnimmt. Im letzteren Falle müssen die Ursachen der Arbeitserschwerung anderer Art gewesen sein. Die Erfahrungen Michelson's[2]) über die Schlaftiefe sprechen dafür, dass die Schlafcurve bei den Morgenarbeitern viel rascher ihre größte Tiefe

1) Psychologische Arbeiten III, S. 520.
2) Psychologische Arbeiten II, S. 105.

erreicht und sich wieder verflacht, als bei Abendarbeitern. Wir dürfen ferner wohl annehmen, dass die Fortschaffung der Ermüdungsstoffe, namentlich aber der Ersatz der verbrauchten Kräfte und damit die Erholung sich vorzugsweise im Tiefschlafe vollzieht. Diese theilweise stoffliche Erneuerung wird, wenn auch nur in geringem Umfange, doch mit einem Verluste früher erworbener Eigenschaften der körperlichen Grundlagen unseres Seelenlebens Hand in Hand gehen müssen. Sind wir doch gewöhnt, das rasche und unausgesetzte Schwinden der Gedächtnissspuren zum Theil wenigstens mit dem stetigen Wechsel der Bestandtheile unseres Körpers in Beziehung zu bringen. Wenn dem so ist, so würden wir es begreiflich finden, dass unmittelbar nach dem Tiefschlafe die Ausnutzung der frisch gewonnenen Kräfte noch durch allerlei innere Reibungen und Hinderungen erschwert ist, dass erst eine gewisse Einpassung der neuen Ersatztheile in das verwickelte Getriebe unseres seelischen Räderwerkes stattfinden muss, bevor wir mit der früheren Leichtigkeit arbeiten können. Bei den Morgenarbeitern ist die Erneuerung des verbrauchten Stoffes in der Hauptsache anscheinend schon 2—3 Stunden nach dem Einschlafen beendet, so dass nun noch eine Reihe von Stunden oberflächlicheren Schlafes folgen, in denen sich der Ausgleich zwischen alten und neuen Bestandtheilen vollziehen kann. Dagegen scheint bei den Abendarbeitern der Ersatz so langsam und zögernd stattzufinden, dass er erst kurz vor dem Erwachen abgeschlossen ist. Es wäre daher recht wohl denkbar, dass hier die Erschwerung der Morgenarbeit, zumal sie allmählich zu verschwinden pflegt, ihren Grund mit in den inneren Widerständen hätte, welche die Aufnahme neuer Theile in den Verband der arbeitenden Gewebe zunächst nothwendig erzeugen muss. Gerade unter diesem Gesichtspunkte würden wir es verstehen, dass die Arbeit selbst diese Hindernisse zu beseitigen vermag.

Ein weiteres Beispiel einer Arbeitserschwerung, die nicht auf Ermüdung beruht, bietet uns der Zustand nach der Nahrungsaufnahme. Meine Erfahrungen haben mir gezeigt, dass mindestens nach der Hauptmahlzeit die Leistung herabgesetzt ist, aber bei fortgesetzter Arbeit nicht sinkt, sondern allmählich ansteigt. So deutlich auch nach Tisch das Gefühl der Müdigkeit sich geltend macht, kann es demnach doch nicht aus wirklicher Ermüdung hervorgehen. Freilich

ist es nicht leicht, sich eine bestimmte Vorstellung von der Ursache unserer Arbeitsunlust nach dem Essen zu machen. Vielleicht spielen hier die erhöhten Anforderungen, die der Verdauungsvorgang bei der Blutvertheilung stellt, eine gewisse Rolle.

Wir dürfen gewiss annehmen, dass es außer den angeführten Fällen noch manche andere Zustände gibt, die äußerlich demjenigen der Ermüdung ähnlich sind, den Gang der Arbeitscurve aber in ganz anderer Weise beeinflussen. Dahin gehören namentlich gewisse traurige Verstimmungen, Zerstreutheit durch Ablenkung, auf krankhaftem Gebiete die Zustände mit psychischer Hemmung. Hier findet überall im Verlaufe der Arbeit nicht, wie bei der wirklichen Ermüdung, ein Sinken, sondern ein Anwachsen der Leistung statt. Aehnlich ist es mit manchen vorübergehenden Giftwirkungen. Sobald der lähmende Einfluss des Giftes, etwa des Aethers oder Alkohols, schwindet, steigt die Arbeitscurve wieder an, auch wenn wir fortarbeiten.

Auf der anderen Seite kann die wirkliche Ermüdung zum Theil oder vollständig durch Einflüsse verdeckt werden, die unsere Arbeitsleistung steigern. So vermögen wir durch vermehrte Anspannung des Willens ohne Zweifel, wenn auch nur für kurze Zeit, die Ermüdungslähmung auszugleichen. Dasselbe gilt von Erregungszuständen verschiedenen Ursprunges. So scheint aus Versuchen von Hylan[1] hervorzugehen, dass die durch einen zweistündigen Spaziergang erzeugte Erregung, obgleich sie von Ermüdung begleitet ist, doch eine Zeit lang die Addirleistung steigern und somit die Zeichen der Ermüdung verdecken kann. Wir dürfen auch wohl annehmen, dass gemüthliche Erregungen nicht nur im stande sind, das Gefühl der Müdigkeit zu verjagen, sondern auch den Ermüdungseinflüssen bis zu einem gewissen Grade entgegenzuwirken. Freilich wird sich dann mit dem Nachlassen der Erregung die Ermüdungslähmung um so stärker geltend machen müssen, da sie natürlich nur verdeckt, nicht aber beseitigt werden konnte. Leider sind diese Verhältnisse zur Zeit nur wenig untersucht worden. Ich selbst aber habe z. B. die Erfahrung gemacht, dass unter dem Einflusse gemüthlicher Erregung die lähmende Wirkung einer Gabe von 60 g Alkohol ausblieb. Einige Gifte vermögen die

1) Psychologische Arbeiten IV. S. 454.

Ermüdungswirkungen vorübergehend durch Steigerung der Leistung auszugleichen, so beim Addiren das Coffein.

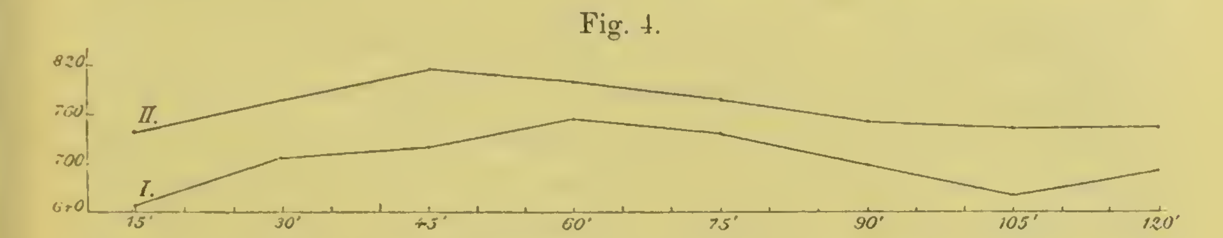
Aus den bisherigen Darlegungen geht hervor, dass wir die Arbeitscurve nur dann annähernd als den Ausdruck des Verhältnisses zwischen Uebung und Ermüdung ansehen dürfen, wenn alle sonstigen Bedingungen des Versuches die gleichen geblieben sind. Ganz genau wird das leider nur selten zutreffen, da wir wohl die äußeren Umstände, nicht aber die inneren Vorgänge einigermaßen zu beherrschen vermögen. Aber auch wenn es uns gelingt, für unsere Arbeit immer dieselben Seelenzustände herzustellen, werden wir, wie schon oben angedeutet, die Beobachtung machen, dass die Beziehungen zwischen Uebung und Ermüdung nicht feststehen, sondern dass sie ganz bestimmten Veränderungen unterworfen sind. Die Grundlage dieser Erfahrung bildet die Thatsache, dass die Uebung dauernde Spuren in unserem Seelenleben hinterlässt, während die Ermüdung durch Schlaf und Nahrungsaufnahme immer wieder vollständig beseitigt wird. In Folge dessen wachsen die Uebungswirkungen von Versuch zu Versuch an; die Ermüdung dagegen wird jedesmal durch die Arbeit erst wieder neu erzeugt. Die Arbeitsleistung beginnt daher auf einer immer höheren Stufe und beharrt auf derselben, bis die allmählich sich entwickelnde Ermüdung sie wieder herabdrückt.

Es ist indessen einleuchtend, dass der Fortschritt der Uebung irgendwo eine unübersteigbare Grenze haben muss. Wenn auch durch unwillkürliche Aenderungen der Arbeitsweise bisweilen noch überraschende Steigerungen der Leistung auftreten, nachdem der Höhepunkt bereits erreicht schien, so zeigt sich doch regelmäßig, dass bei großer Uebung kein stetiges Anwachsen der Leistung mehr stattfindet, sondern in immer stärkerem Grade die zufälligen Tagesschwankungen Einfluss auf die Höhe der Arbeitswerthe gewinnen. Die Abnahme des Uebungsfortschrittes erfolgt, wenn wir von den erwähnten Aenderungen der Arbeitsweise absehen, anfangs rasch, späterhin langsamer. So sank der durchschnittliche tägliche Leistungszuwachs bei Lindley's Versuchsperson B., die regelmäßig eine Stunde addirte, von 12,2 % in den ersten 10 Tagen auf 2,6 % in den nächsten 10 und auf 1,9 % in den letzten 6 Arbeitstagen.

Diese Abnahme des Uebungsgewinnes macht sich natürlich auch in der einzelnen Arbeitscurve geltend. Je weiter die Uebung fort-

geschritten ist, desto geringer wird die Neigung der Arbeitscurve, sich zu erheben, und desto rascher überwiegen die Ermüdungswirkungen. Wir machen daher die überraschende Erfahrung, dass bei hohem Uebungsgrade die Curve immer früher die absteigende Richtung einschlägt, aber nicht deswegen, weil die Ermüdung stärker geworden ist, sondern weil der geringfügige Uebungseinfluss ihr nur kurze Zeit hindurch die Wage halten kann. Als Beispiel gebe ich in viertelstündigen Werthen, aber in gleichem Maßstabe wie die früheren Curven, zwei zweistündige Addircurven von K. aus Oehrn's Arbeit wieder, die durch eine Woche getrennt waren (Fig. 4). Die später gewonnene

Fig. 4.



Curve II sinkt früher als die erste. Solche Curven mit vorgeschrittener Uebung, wie sie z. B. auch Oehrn's Leseversuche geliefert haben, unterscheiden sich jedoch von denen mit großer Ermüdbarkeit wesentlich durch die verschiedene Höhe der Gesammtleistung. Auch in Fig. 4 liegen alle Arbeitswerthe der Curve II um 50—100 Zahlen über denen der Curve I. Zugleich aber zeigt sich in der Regel, wie auch in der Figur 4, dass die Senkung der Curve bei hoher Uebung ungleich langsamer erfolgt, als dort, wo die Abnahme der Leistung durch starke Ermüdungswirkungen herbeigeführt wird. Ich stelle in Tabelle I die viertelstündigen Leistungen von Oehrn's Versuchsperson B. im Addiren, Lesen, Zahlenlernen und Silbenlernen zusammen; der Vergleichbarkeit halber ist überall die Höchstleistung gleich 1000 gesetzt.

Tabelle I.

	Höchstleistung	1	2	3	4	5	6	7	8
Addiren....	238	983	1000	945	953	942	899	884	930
Lesen......	1952	1000	923	962	955	923	947	999	970
Zahlenlernen	23	913	573	530	613	1000	739	960	913
Silbenlernen	24	1000	833	500	666	666	750	—	—

Das tiefste Sinken der Leistung beim gut eingeübten Lesen beträgt 7,7 %, beim etwas weniger geübten Addiren fast 12 %, beim Zahlenlernen 26 %, nachdem schon vorher ein noch tieferer Stand der Leistung erreicht war, beim Silbenlernen endlich 50 %. Wir können aus diesen und vielen anderen ähnlichen Erfahrungen den Schluss ableiten, dass mit wachsender Uebung nicht nur die Uebungsfähigkeit, sondern auch die Ermüdbarkeit abnimmt. Das wird begreiflich, wenn wir bedenken, dass die Uebung die Arbeit erleichtert, vielleicht, indem sie einen mehr selbstthätigen Ablauf derselben ermöglicht. Der Aufwand an Arbeitskraft wird somit bei gleichen Leistungen vermindert; innere Reibungen und unzweckmäßige Nebenarbeiten fallen fort. So kann es kommen, dass schließlich selbst das überhaupt erreichbare Höchstmaß der Leistung nicht denjenigen Grad von Ermüdung erzeugt wie im Anfange weit niedrigere Arbeitswerthe. Diese Abnahme der Ermüdbarkeit hält sich indessen in gewissen Grenzen. Auch bei der leichtesten und besteingeübten Arbeit machen sich rasch die deutlichen Zeichen der Ermüdung bemerkbar, wenn sie ohne Unterbrechung fortgesetzt wird; das Sinken der Arbeitscurve geschieht nur langsamer und kann leichter durch entgegengesetzt wirkende Zufälligkeiten verwischt werden.

Setzt man eine ermüdende Arbeit längere Zeit hindurch fort, so macht man die Erfahrung, dass der Abfall der Arbeitscurve allmählich immer steiler wird. Diese Thatsache deutet darauf hin, dass sich das Verhältniss zwischen den Wirkungen der Uebung und Ermüdung im Laufe der Arbeit ungünstiger gestaltet. Eine solche Wirkung könnte in gewissen Grenzen schon die allmähliche Abnahme des Uebungsfortschrittes ausüben, doch ist diese letztere bei höheren Uebungsgraden immerhin so langsam, dass sie das unverhältnissmäßig rasche Sinken der Arbeitswerthe im Zustande der Ermüdung nicht wohl erklären kann. Wir stehen daher vor der Frage, ob nicht vielleicht der Grad der Ermüdung stärker anwächst, als die geleistete Arbeit. Für diese Auffassung würde zunächst vielleicht die Ueberlegung sprechen, dass mit Zunahme der Ermüdung auch die inneren Widerstände bei der Arbeit wachsen und demnach die gleiche Leistung einen immer größeren Kraftaufwand erfordert. Bei der einzelnen Ermüdungscurve des Muskels scheint in der That eine derartige, rasch fortschreitende Erschwerung der Arbeit einzutreten. Indessen

machen es die Erfahrungen von Oseretzkowsky[1]) unwahrscheinlich, dass sich auch bei längerem Fortarbeiten, wie es mehr dem Vorgange der geistigen Arbeit entsprechen würde, ein wachsendes Missverhältniss zwischen Größe der Ermüdung und geleisteter Arbeit herausbildet. Ferner sprechen von Hylan ausgeführte Versuche mit Ermüdungsmessungen nach verschieden langer Fortsetzung sehr geübter Arbeit nicht gerade für ein unverhältnissmäßiges Fortschreiten der Ermüdungswirkung in kürzeren Zeiträumen, wenn sie auch in dieser Frage nicht völlig beweiskräftig sind.

Endlich aber haben die Versuche von Rivers[2]) mit Arbeiten von wechselnder Dauer an verschiedenen Tagen die Bestätigung für eine landläufige Anschauung gebracht, dass nämlich der Ermüdungsarbeit ein geringerer Uebungswerth zukomme. Rivers fand, dass von der für je eine halbe Stunde erwarteten Uebungswirkung bis zum nächsten Tage mehr als doppelt soviel verloren ging, wenn vier halbe Stunden, als wenn nur eine halbe Stunde lang gearbeitet worden war. Diese Herabsetzung des Uebungsgewinnes durch die Ermüdung würde vollkommen genügen, um die größere Steilheit des Abfalles zu erklären, die längere Arbeitscurven gegen das Ende darzubieten pflegen.

Eine besondere Beleuchtung erhalten diese vielfachen Beziehungen zwischen den Erscheinungen der Uebung und Ermüdung durch die allmählich immer mehr sich bestätigende Erfahrung, dass die Größe der Uebungsfähigkeit und der Ermüdbarkeit bei einer Person einander annähernd zu entsprechen scheinen. Ich habe schon in einer ganzen Reihe von Fällen darauf hinweisen können, dass sich große Uebungsfähigkeit mit großer Ermüdbarkeit verband und umgekehrt. Besonders lehrreich war in dieser Richtung der Vergleich der beiden Versuchspersonen A. und B. von Lindley. Hier schien die ermüdbarere Person A. zunächst eine geringere Uebungsfähigkeit zu besitzen, als B.; bei genauerer Betrachtung stellte sich indessen heraus, dass A. in der That doch übungsfähiger war, aber einen unverhältnissmäßig großen Theil seiner Uebung binnen kurzem wieder einbüßte. Auch in neuerer Zeit hat sich wieder bei Versuchen von Hylan gezeigt, dass drei Versuchspersonen hinsichtlich jener beiden Eigenschaften

1) Psychologische Arbeiten III, S. 682.
2) Psychologische Arbeiten I, S. 652.

genau die gleichen Abstufungen zu einander darboten. Mir scheinen diese Thatsachen, denen noch einige andere anzureihen wären, wie schon häufig ausgeführt, dafür zu sprechen, dass Uebungsfähigkeit und Ermüdbarkeit vielleicht den gemeinsamen Ausdruck gewisser allgemeiner Grundeigenschaften der psychischen Persönlichkeit bilden.

Sind wir im Stande, aus dem Zusammenwirken von Uebung und Ermüdung in großen Zügen den verschiedenartigen Verlauf der Arbeitscurve zu deuten, so lehrt doch schon die Betrachtung der mitgetheilten Beispiele, dass der Gang der Curven, sobald man die Leistungen in kürzeren Zeitabschnitten aufzeichnet, durchaus nicht so regelmäßig zu sein pflegt, wie man es bei dem einfachen Wechselspiel zweier entgegengesetzter Einflüsse erwarten sollte. Vielmehr zeigen sich, namentlich beim Lernen, allerlei jähe Schwankungen, die zunächst unerklärbar erscheinen. Manche dieser Schwankungen sind gewiss auf rein zufällige Störungen zurückzuführen, Ablenkung durch äußere Eindrücke, körperliche Empfindungen, auftauchende Vorstellungen oder Stimmungen. Alle derartigen Ursachen werden eine mehr oder weniger rasch vorübergehende Herabsetzung der Arbeitsleistung zur Folge haben können, die sich später wieder ausgleicht.

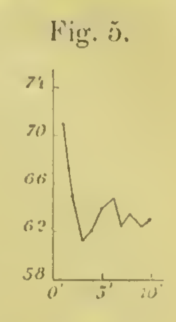
Weiterhin aber sehen wir gewisse Schwankungen so vielfach an denselben Stellen der Curven auftreten, dass sie auf bestimmte Vorgänge hinzuweisen scheinen. Dahin gehört zunächst die in der Fig. 1 und 2 erkennbare Senkung der Werthe im Anfange. An sich sollte man wegen der wachsenden Uebung, der hier noch keine nennenswerthe Ermüdung entgegensteht, eine rasche Zunahme der Leistung erwarten. Es lässt sich indessen zeigen, dass wir es hier mit einer sehr häufigen Erscheinung zu thun haben, die allerdings besonders bei bestimmten Personen, ferner im Beginne kürzerer Arbeitszeiten und im Zustande der geistigen Frische aufzutreten pflegt. Sie entspricht genau dem Gefühle der besonderen Willensanspannung, mit der man an eine Arbeit herantritt. Rivers[1]) hat ihr daher die Bezeichnung »Antrieb« gegeben, um damit ihren Ursprung aus dem Willen anzudeuten. Da wir nicht im stande sind, diese erhöhte Anspannung längere Zeit hindurch festzuhalten, sinkt die Curve bald wieder, um nunmehr unter dem Einflusse der Uebung von neuem

---

1) A. a. O. S. 636.

anzusteigen. Ein sehr lehrreiches Beispiel für das Verhalten des Antriebes zu Beginn einer Curve bietet die nachstehende, im Maßstabe den übrigen Figuren entsprechende Darstellung eines der vielen gleichartigen Versuche Dr. Heumann's (Fig. 5), bei dem die Zahl der ausgeführten Rechnungen von Minute zu Minute wiedergegeben ist. Wir erkennen hier, dass die größte Rechengeschwindigkeit höchstens 1 Minute lang eingehalten werden konnte, dass aber nach weiteren 2 Minuten das Sinken der Curve durch das Anwachsen der arbeitsfördernden Einflüsse zur Umkehr gebracht wurde. Diese Einzelheiten gehen natürlich bei der Aufzeichnung größerer Durchschnittswerthe verloren. Wo der Antrieb gering ist, vermag er bei der Zusammenfassung längerer Zeitstrecken überhaupt keinen Einfluss auf die erste Mittelzahl auszuüben und wird daher übersehen; so war er noch in den 5-Minutenwerthen der Curve II von K (Fig. 4) nachweisbar. Es sei indessen schon hier darauf hingewiesen, dass eine gewisse Erhöhung der Anfangsgeschwindigkeit einer Arbeit durch stärkere Willensanspannung auch dann vorhanden sein kann, wenn selbst die Minutencurve nichts davon zeigt. Der erste Werth einer Curve muss ohne Antrieb aus später zu erörternden Gründen immer recht erheblich unter dem zweiten liegen. Wir haben also schon Antrieb anzunehmen, wenn sich dieser Unterschied verkleinert, auch wenn der erste Werth dabei nicht gerade über den zweiten erhoben wird. Freilich ist in diesem Falle der Nachweis des Antriebes sehr schwierig und erfordert die Durchführung ausgedehnter Versuchsreihen, welche die rechnerische Bestimmung der Lage des ersten Werthes ohne Antrieb ermöglichen.

Fig. 5.



Einer anderen Schwierigkeit begegnen wir bei der Beurtheilung des Antriebes in solchen Curven, die wegen großer Ermüdbarkeit von Anfang an fortschreitend sinken. Hier fallen die Zeichen des Antriebs und der Ermüdung untrennbar zusammen. Dennoch wird ein unverhältnissmäßig rascher Abfall der Curve im Anfange, wo die Ermüdung nur gering sein kann, für Antriebswirkungen sprechen, namentlich dann, wenn darauf eine Verlangsamung des Sinkens folgt, wie sie das Anwachsen der Uebung bedingt.

Einer anderen Form des Antriebes begegnen wir gelegentlich am Ende einer Versuchsreihe, wenn die Versuchsperson weiß, dass der

Abschluss nahe ist, wie in den beiden Curven der Fig. 4, vielleicht auch in den Figuren 1—3. Ich wurde zuerst auf diese Erscheinung aufmerksam, als ich selbst die Uhr vor mir hatte und daher das Herannahen des letzten Glockenzeichens voraussah. Mich überkam dabei eine leichte Erregung, die mich anspornte, nun noch möglichst viel zu leisten. Das Ergebniss war eine Steigerung des letzten Arbeitswerthes, obgleich die Curve längst im Sinken begriffen war, ein »Schlussantrieb«. Der Nachweis dieser Erscheinung, die aus naheliegenden Gründen weit seltener ist, als der Antrieb im Beginne, wird nur dort leicht, wo das Ansteigen der Curve mit dem bisherigen Verlaufe im Widerspruche steht. Ueberwiegen die Uebungseinflüsse bis zum Schlusse, so vermischt sich ihre Wirkung untrennbar mit der Steigerung der Leistung durch den Willen.

Schon die bisher besprochenen Antriebserscheinungen weisen uns darauf hin, dass die Willensspannung, mit der wir die Arbeit vollziehen, durchaus keine gleichmäßige ist, sondern mannigfachen Schwankungen unterliegen kann. Wir werden uns daher auch nicht wundern, wenn in den einzelnen Curven, namentlich bei schwierigen Leistungen, die ein Eingreifen unseres Willens besonders herausfordern, häufig große Abweichungen auftreten, die sich der einfachen Gesetzmäßigkeit des Kampfes zwischen Uebung und Ermüdung nicht fügen wollen. Die Werthe von B. für das Zahlenlernen [in Tabelle I bieten dafür ein Beispiel. Auch in den Figuren 1—3 finden sich vielfach solche Schwankungen. Wir erinnern uns dabei der häufig gemachten und aus Heumann's Curve (Fig. 5) deutlich hervorgehenden Erfahrung, dass stärkere Willensspannungen immer nur kurze Zeit andauern. Daraus ergibt sich, dass jedem Antriebe im Verlaufe der Curve immer sehr bald eine Senkung der Werthe folgen muss. Dieses Hin- und Herpendeln der Zahlen ist überall sehr auffallend, sobald man die Leistungen ganz kurzer Zeiten aufzeichnet. Aus den Versuchen von v. Voss[1]) geht hervor, dass die Einzelaufgaben immer gruppenweise gelöst zu werden pflegen; jeder solchen Anspannung des Arbeitseifers folgt dann ein kurzer Nachlass, der sich durch langsameres Arbeiten oder geradezu durch eine kleine Pause andeutet. Diese Schwankungen ähneln vollkommen denjenigen der Aufmerksamkeit,

---

1 Psychologische Arbeiten II, S. 440.

wie sie vielfach untersucht worden sind. Sie sprechen dafür, dass die nur in großen Umrissen stetige Arbeit in Wirklichkeit durch immer wiederholte Willensanstöße im Gange erhalten wird. Außerdem scheinen sich aber, wie die lange Dünung des Meeres unter dem oberflächlichen Gekräusel, noch in größeren Zeiträumen jene Schwankungen zwischen stärkerer und schwächerer Spannung des Willens abzuspielen, die sich auch in den Mittelwerthen längerer Arbeitsabschnitte geltend machen. Nur bei sehr eingeübten und daher mehr selbstthätig ablaufenden Arbeiten treten diese gröberen Willensschwankungen mehr und mehr hinter den stetigen Einflüssen der Uebung und Ermüdung zurück.

Es liegt auf der Hand, dass ein solches Eingreifen des Willens keine festen Regeln zeigen kann. Dennoch haben wir Anhaltspunkte dafür, dass es neben anderen, unberechenbaren Einflüssen namentlich zwei Ursachen sind, die eine stärkere Anspannung des Willens auszulösen pflegen. Die eine ist wahrscheinlich die Wahrnehmung einer Verlangsamung der Arbeit durch die Ermüdung. Dafür spricht außer den inneren Erfahrungen bei der Arbeit selbst die Thatsache, dass die großen Schwankungen ganz vorzugsweise in denjenigen Abschnitten der Curve und bei solchen Arbeiten auftreten, bei denen die Ermüdung bereits eine erhebliche Rolle spielt, wie z. B. in dem Versuche mit Zahlenlernen aus der Tabelle I und in Fig. 2. Bei der sehr ermüdbaren Versuchsperson H., von der die Fig. 1 stammt, war vielfach vor dem endgültigen Sinken ein Anstieg zu beobachten, der, aus dem Gefühle der Müdigkeit hervorgehend, wohl als »Müdigkeitsantrieb« bezeichnet werden darf. Wir wissen ja auch aus der täglichen Erfahrung, dass uns das Nachlassen der Kräfte bei der Lösung einer Aufgabe zu erhöhter Kraftanstrengung zu veranlassen pflegt. Ganz ähnlich ist die Willensanspannung zu beurtheilen, die nach einer Störung erfolgt, um die ablenkende Wirkung derselben auszugleichen. Bei den Versuchen von v. Voss hat sich ergeben, dass sich an die Verzögerung des Addirens, die durch den Uebergang auf eine neue Spalte der Zahlenreihen verursacht wurde, regelmäßig eine kurze Beschleunigung der Arbeit anschloss, die augenscheinlich durch das Bestreben bedingt war, den Zeitverlust wieder einzubringen. Dass sich derselbe Vorgang auch bei sonstigen Ablenkungen und Störungen abspielt, kann nach den persönlichen Wahrnehmungen der

Arbeiter selbst kaum bezweifelt werden. Wir sind demnach berechtigt, auch von einem »Störungsantrieb« zu sprechen, der aus dem Wunsche entspringt, jeder Gefährdung des Arbeitsergebnisses durch erhöhte Willensanstrengung zu begegnen.

II. Die Arbeitspausen.

Wiederholen wir eine wenig geübte Arbeit nach einiger Zeit zum zweiten Male, so stellt sich heraus, dass die Leistung nicht nur die Anfangs- oder Schlusswerthe des früheren Versuches, sondern oft auch den Höhepunkt desselben nicht unerheblich übertrifft. Diese alltägliche Erfahrung ist von der allergrößten Tragweite für die gesammte körperliche und geistige Entwicklung der Lebewesen überhaupt. Sie beruht darauf, dass die Erscheinungen der Ermüdung flüchtig sind und sich ziemlich rasch vollkommen wieder ausgleichen, während die Uebung dauernde Spuren hinterlässt, die wir uns etwa als eine bessere Anpassung des Werkzeuges an die Arbeit deuten können. Wie Muskeln und Knochen durch die Arbeit messbare, zweckdienliche Veränderungen erfahren, so wird wohl auch die geistige Thätigkeit die feinen Gewebe umzuformen vermögen, an deren Lebensvorgänge sie geknüpft ist. So schafft sich der Wille sein geistiges Rüstzeug durch die Arbeit, deren Ablauf das anfangs schwerfällige Getriebe nachhaltig umgestaltet und zu immer vollkommeneren Leistungen befähigt.

Die Fortdauer der Uebungsspuren kann eine erstaunlich lange sein. Nach zwei 2 stündigen Addirversuchen schien bei mir selbst volle 3 Monate später noch ein deutlicher Uebungsrest vorhanden zu sein; von 17 mal wiederholten Associationsversuchen ließen sich unverkennbare Nachwirkungen noch nach $1^3/_4$ Jahren nachweisen. Der bei weitem größte Theil der Uebung geht allerdings recht rasch verloren; nur ein gewisser Bruchtheil derselben erhält sich mit außerordentlicher Zähigkeit. Wahrscheinlich vollzieht sich der Vorgang des Uebungsverlustes bei verschiedenen Personen mit sehr verschiedener Geschwindigkeit. Lindley fand, dass zwei Personen nach kürzeren und längeren Zeiten die folgende Zahl von Additionen weniger ausführten, als man nach dem Stande ihrer Uebung hätte erwarten dürfen:

Tabelle II.

Uebungsverlust nach	30′	45′	1 Tage	2 Tagen
A.		36	187	434
B.	11	—	50	84

Freilich sind diese Zahlen mit manchen Fehlern behaftet; sie können aber doch eine Vorstellung davon geben, wie viel schneller sich die Uebung in der ersten Stunde verliert, als in den folgenden Zeitabschnitten, und wie groß die Unterschiede zwischen den beiden Versuchspersonen sind, die übrigens keineswegs Gegenpole darstellen. Vielmehr halte ich es für sicher, dass die Abweichungen bei anderen Personen auch im Bereiche der Gesundheitsbreite noch erheblich größer sein können. Sehr bemerkenswerth ist dabei die schon mehrfach festgestellte Beobachtung, dass großer Uebungsfähigkeit eine geringe Uebungsfestigkeit zu entsprechen scheint und umgekehrt. Wir werden daher die Beziehungen zwischen Uebungsfähigkeit und Ermüdbarkeit möglicherweise auch noch auf die Uebungsfestigkeit ausdehnen können, drei Eigenschaften, deren gemeinsame Grundlage vielleicht die verschiedene Beweglichkeit und Beeinflussbarkeit der psychischen Vorgänge sein könnte.

Von entschiedener Bedeutung für die Größe des Uebungsverlustes ist die Ausfüllung der Zwischenzeit. Amberg[1]) hat gezeigt, dass nach einer Anzahl von Tagesstunden der Uebungsrest geringer ausfällt, als nach der Nachtruhe, trotz deren längerer Dauer. Wir dürfen wohl daran denken, dass sich am Tage einerseits die Ermüdung doch nicht so vollständig ausgleichen kann wie in der Nacht, dass aber andererseits vielleicht auch das Kommen und Gehen von Eindrücken, Vorstellungen und Gemüthsbewegungen im Wachen der Befestigung der Uebungsspuren weniger günstig ist, als das Schwinden der Bewusstseinsvorgänge im Schlafe.

Wird eine Arbeit wiederholt, bevor der frühere Uebungsrest verloren gegangen ist, so wird dieser letztere durch die neu erworbene Uebung verstärkt. Das Anwachsen der Uebung durch Wiederholung

1 Psychologische Arbeiten I, S. 327.

geschieht um so schneller, je häufiger die Wiederholungen und je kürzer die Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Arbeitsabschnitten waren. Dabei ist jedoch die schon früher erwähnte Einschränkung zu machen, dass der bei stärkerer Ermüdung geleisteten Arbeit ein geringerer Uebungswerth zukommt. Da die Höhe der überhaupt erreichbaren Uebnng begrenzt ist, fällt der Uebungszuwachs, der durch eine Arbeit erzeugt wird, um so größer aus, je geringer der Uebungsgrad noch ist. Namentlich im ersten Anfange pflegt die Besserung der Leistung eine ganz unverhältnissmäßig bedeutende zu sein. Die in Tabelle II erwähnten beiden Versuchspersonen Lindley's gewannen bei täglich einstündigem Addiren in der ersten halben Stunde des zweiten Tages gegenüber derjenigen des ersten 545 und 299 Zahlen, während der durchschnittliche tägliche Uebungsfortschritt für die ersten halben Stunden der ersten 10 Tage 145 Zahlen bei A. und 150 bei B. betrug, um in den letzten 6 Tagen der 26tägigen Reihe auf 31,8 Zahlen bei A. und 42,2 Zahlen bei B. zu sinken. Dieselbe Erscheinung, ein ungemein starkes Anwachsen der Leistung von einem Tage zum andern, wiederholt sich stets nicht nur im ersten Beginn der Versuche, sondern auch nach einer längeren Unterbrechung derselben. Da dieses Verhalten von dem späteren, weit flacheren Verlaufe der Uebungscurve in sehr auffallender Weise abweicht, erscheint die durch die Versuchserfahrung gestützte Anschauung berechtigt, dass hier noch eine besondere, die Arbeit erleichternde Ursache mit hineinspielt, die Gewöhnung.

Das Addiren einstelliger Zahlenreihen ist an sich eine Arbeit, die wir häufig leisten. Dem Versuche eigenthümlich ist einerseits die lange Fortsetzung der gleichen Thätigkeit, andererseits die möglichste Beschleunigung derselben. Wir werden dadurch genöthigt, für ganz ungewöhnlich lange Zeit unsere Aufmerksamkeit ununterbrochen auf denselben Gegenstand zu richten und alle Nebenvorstellungen aus unserem Bewusstsein fernzuhalten. Gerade beim Herantreten an die neue Art der Arbeit mit ihren besonderen Bedingungen und Zielen drängen sich uns aber unwillkürlich allerlei Gedanken auf, die uns von der Aufgabe ablenken. Zugleich müssen wir erst lernen, alle die kleinen zufälligen Störungen unbeachtet zu lassen und uns gegen die Umgebung mehr und mehr abzuschließen. Wie die Erfahrung lehrt, verschwindet das aus diesen Umständen

entspringende Gefühl des »Ungewohnten« verhältnissmäßig rasch und ist am 2. oder 3. Versuchstage jedenfalls kaum andeutungsweise mehr vorhanden, obgleich die Uebung, die Erleichterung der Arbeit durch die Ausbildung bleibender Spuren der früheren Thätigkeit, noch bedeutende Fortschritte machen kann. Diesem raschen Eintritte der Gewöhnung dürfte daher die unverhältnissmäßige Steigerung der Leistung mit entsprechen.

Der Ausgleich der Arbeitsermüdung ist nur möglich durch die Erholung. Bei geringen Graden genügt einigermaßen schon das einfache Ausruhen. Da aber das Wachsein keine vollständige Ruhe, sondern immer Bewusstseinsthätigkeit bedeutet, nimmt die geistige Gesammtermüdung im Laufe des Tages langsam zu, auch wenn durch Erholungspausen die Ermüdungswirkung einzelner Arbeiten annähernd beseitigt wurde. Aus diesem Grunde kann völlige geistige Frische schließlich nur durch den Schlaf wiederhergestellt werden. Unser geistiges Werkzeug verhält sich in dieser Beziehung wesentlich anders, als der Muskel, der durch einfache Ruhe seine Leistungsfähigkeit wieder gewinnen kann, da das Fortfallen der Bewegung für ihn wirklich ein gänzliches Aufhören der Arbeitsleistung bedeutet. Die Arbeit der Muskeln vertheilt sich auf eine große Zahl von einander gänzlich unabhängiger Thätigkeitsgebiete, die einzeln ermüden und einzeln sich wieder erholen können. Dem gegenüber ist die Ermüdung durch geistige Arbeit, soviel wir bis jetzt wissen, eine allgemeine. Wie insbesondere Weygandt's Untersuchungen über die Wirkungen des Arbeitswechsels[1]) gezeigt haben, setzt die Ermüdung durch eine bestimmte Thätigkeit die Leistung auch für solche Arbeiten herab, die mit ganz anderen seelischen Hülfsmitteln durchgeführt werden. So erklärt sich eben die Nothwendigkeit, nach bestimmter Zeit Ruhe und Schlaf einzuschieben, gleichgültig, ob wir immer dieselbe oder verschiedenartige geistige Arbeit geleistet haben. Nur die Schwierigkeit der Leistung ist für den allgemeinen Ermüdungsgrad maßgebend, nicht ihre Art. Allerdings scheint angestrengte Thätigkeit größerer Muskelgruppen auch die Arbeitsfähigkeit anderer, nicht unmittelbar betheiligter Muskeln zu beeinträchtigen, so das Marschiren die Kraft der Arme. Einerseits aber ist bei ausgiebigen körperlichen Uebungen

1) Psychologische Arbeiten II, S. 190.

von wirklicher Ruhe einzelner Glieder schwerlich die Rede; andererseits ist es sehr wohl möglich, dass es sich bei der Herabsetzung der Leistung durch die Arbeit fern gelegener Muskelgebiete um Ermüdungserscheinungen nicht in den Muskeln selbst, sondern im Bereiche der Willensauslösung handelt.

Aus diesen Ueberlegungen werden wir den Schluss ziehen dürfen, dass ohne den Einfluss der Uebung nach einer ermüdenden geistigen Arbeit die volle Höhe der früheren Leistung nur dann wieder erreicht werden könnte, wenn ein Schlaf nicht nur die Versuchsermüdung, sondern auch die Tagesermüdung beseitigt hätte. In Wirklichkeit aber wird der wachsende Ermüdungsrest aus der gesammten Tagesleistung meist mehr als aufgewogen durch die Nachwirkungen der Uebung. Indessen, da auch die Uebungsspuren, namentlich im Anfange, rasch verblassen, wird der Ausgleich der Ermüdung bei längerer Zwischenzeit ein allmählich immer weniger günstiges Ergebniss liefern. Dazu kommt, dass die überhaupt erreichbare Erholungswirkung einer Pause ohne Schlaf nach einer gewissen Zeit ihren Abschluss findet. Von hier ab wird die Höhe der Arbeitswerthe nur noch durch die langsam fortschreitende Tagesermüdung und den schwindenden Uebungsrest bestimmt; sie muss also fortschreitend sinken.

Wir erkennen somit, dass in der Pause nach einer ermüdenden Arbeit die Leistungsfähigkeit sich zunächst durch die Erholungswirkung der Ruhe wieder hebt. Nach einer bestimmten Zeit erreicht sie einen Höhepunkt, der in Folge des Uebungsrestes vielfach höher liegt, als jede frühere Leistung, aber wegen des Uebungsverlustes nicht um den vollen Betrag der ursprünglich erzielten Uebung. Dieser Höhepunkt bezeichnet den Augenblick, in welchem der Uebungsrest den größten Ueberschuss über den Ermüdungsrest aufweist. Späterhin nimmt dann die wesentlich durch den Gang des Uebungsverlustes bestimmte Leistung langsam wieder ab. Durch Versuche können wir die Lage jener »günstigsten Pause« annähernd feststellen. Dieselbe hängt einerseits ab von der Länge und Art der vorhergehenden Arbeit, die das Verhältniss zwischen Uebung und Ermüdung bestimmen, sodann von den persönlichen Eigenschaften der Uebungsfähigkeit, Uebungsfestigkeit und Ermüdbarkeit, vielleicht auch von der Uebungsstufe, auf der sich die Versuchsperson zur gegebenen Zeit befindet. Da indessen mit wachsender Uebung auch

die Ermüdungswirkungen abnehmen, so darf die Länge der günstigsten Pause unter sonst gleichen Arbeitsbedingungen wahrscheinlich wesentlich als ein Ausdruck der persönlichen Eigenart oder doch des jeweiligen Gesammtzustandes angesehen werden. In der That schwankte ihre Ausdehnung bei den 3 Versuchspersonen Lindley's nach halbstündiger Addirarbeit zwischen 15′ und mehr als 60′.

Da die Ermüdungswirkungen wenigstens bei einigermaßen eingeübten Arbeiten in der Pause zunächst stets das Feld beherrschen, andererseits aber weit früher schwinden, als die Uebungsreste, so wird im allgemeinen die Dauer der günstigsten Pause uns ein Bild von der Geschwindigkeit liefern, mit der sich die Ermüdung wieder ausgleicht; ihr Abschluss wird m. a. W. meist dem Ende der Erholungswirkung ziemlich nahe liegen. Ihre Ausdehnung liefert uns somit einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung der Erholungsfähigkeit einer Versuchsperson. Andererseits zeigt uns die Höhe der nach der günstigsten Pause erreichten Arbeitswerthe die Einbuße, welche die Leistung vor der Pause durch die Ermüdung erlitten hat. Allerdings ist der Unterschied der vor und nach der günstigsten Pause erhaltenen Zahlen unter allen Umständen kleiner, als die wirkliche Ermüdungsgröße, da einerseits in der Zwischenzeit meist doch kein völliger Ausgleich der Ermüdung stattgefunden hat, und da andererseits auch der unterdessen eingetretene Uebungsverlust mit in Rechnung gezogen werden müsste. Ueber das Gewicht dieser letzteren Einschränkung wird man sich ein annäherndes Urtheil durch Untersuchung noch längerer Pausen verschaffen können. Rasches Sinken der Arbeitswerthe mit Vergrößerung der Zwischenzeiten deutet darauf hin, dass die Schätzung der Ermüdungswirkung in Folge des Uebungsverlustes weit hinter dem wirklichen Betrage zurückblieb, während eine langsame Verkleinerung der Leistung schließen lässt, dass sich das Schwinden der Uebung auch in der günstigsten Pause nicht übermäßig schnell vollzog. Es wird immerhin möglich sein, den Leistungszuwachs nach der günstigsten Pause als ein brauchbares Vergleichsmaß für die persönliche Ermüdbarkeit zu betrachten, wenn der Verlauf der Arbeitswerthe nach längeren Pausen keine stärkeren Abweichungen erkennen lässt.

Bevor die günstigste Pause erreicht wird, müssen wir an einen Punkt kommen, an dem Ermüdungsrest und Uebungsrest einander

genau die Wage halten. Setzt hier ein neuer Arbeitsabschnitt ein, so wird demnach die Leistung gerade so hoch ausfallen müssen wie vor der Pause. Auch die Lage dieser »Gleichgewichtspause« wird vornehmlich durch die Schnelligkeit bestimmt, mit der sich die Ermüdung ausgleicht, in zweiter Linie durch die Geschwindigkeit des Uebungsverlustes, aber in umgekehrtem Sinne. Leider genügen die bisherigen Erfahrungen nicht, um über die Länge dieser Pause genaue Angaben zu gestatten, doch haben Versuche von Hylan und Krauss an einer Reihe von Personen gezeigt, dass die Gleichgewichtspause nach einer Addirarbeit von 5 Minuten Dauer etwa um 20′ herum gesucht werden muss. Der Zeitunterschied zwischen der günstigsten und der Gleichgewichtspause, der sich durch geeignet abgestufte Versuche ermitteln lässt, würde uns wiederum ein Urtheil über die Erholungsgeschwindigkeit ermöglichen, das um so zuverlässiger wird, wenn wir aus dem Gange der Leistung jenseits der günstigsten Pause gleichzeitig ein Bild von dem Verlaufe des Uebungsverlustes allein gewonnen haben.

Bei dem raschen Schwinden der Ermüdung und der weit langsameren Abnahme der Uebungsspuren muss offenbar das Verhältniss dieser beiden Einflüsse zu einander am ungünstigsten unmittelbar nach Beendigung der Arbeit sein. Wir werden somit erwarten, dass die Wirkung einer Pause auf die Höhe der Arbeitsleistung von den kürzesten Erholungszeiten bis zur günstigsten Pause mehr oder weniger regelmäßig anwächst. Der Versuch hat anders entschieden. Schon Amberg[1]) konnte zeigen, dass nach halbstündigem Addiren die Besserung der Arbeitswerthe durch eine Pause von 5′ ausgiebiger war, als nach 15′. Er zog daraus den Schluss, dass es eine arbeitfördernde Ursache geben müsse, deren Wirkung nach 5′ noch vorhanden, nach 15′ aber bereits verschwunden sei. Diese Ursache, die eben wegen ihrer Flüchtigkeit von der Uebung abzutrennen war, bezeichnete er als »Anregung« und verglich sie mit der Trägheit der Massen, welche den Anfang wie die Beendigung einer Bewegung erschwert. Nach seiner Auffassung ist einerseits ein Theil des Leistungsfortschrittes auf diese Ueberwindung der psychophysischen Trägheit zurückzuführen; andererseits bleibt nach dem Aufhören der

1) Psychologische Arbeiten I, S. 317, 374.

Thätigkeit noch eine kurze Zeit hindurch die innere Erregung zurück, die zunächst den Wiederbeginn der Arbeit erleichtert. Beide Vorgänge spielen sich auch dann in gleicher Weise ab, wenn ein nennenswerther Uebungsfortschritt gar nicht mehr stattfindet, zeigen also auch darin ihre Sonderstellung gegenüber den Uebungseinflüssen. Jede Arbeitspause wirkt demnach nicht nur als Erholung und durch den Verlust der Uebung, sondern auch als Unterbrechung mit Schwinden der Anregung. Die verschiedene Wirkung der Pause von 5′ und 15′ wäre dahin zu deuten, dass in der kurzen Zeit nur ein Theil der erworbenen Anregung verloren geht, während nach 15′ wohl kein Rest derselben mehr übrig geblieben ist.

Die Ergebnisse Amberg's haben durch spätere Versuche vielfache Bestätigung gefunden. Bei allen drei Versuchspersonen Lindley's hat sich wenigstens gezeigt, dass die Pause von 5′ ungünstiger wirkte, als das Fortarbeiten ohne Pause, dass also hier ein arbeitfördernder Einfluss verloren gegangen war. Dass es sich nicht wohl um den Uebungsverlust handeln könne, lehrte mit größter Wahrscheinlichkeit das Verhalten längerer Pausen, in denen sich die Leistung zunächst wieder günstiger gestaltet. Man müsste sonst zu der sehr zweifelhaften Annahme kommen, dass sich der Uebungsverlust anfangs rascher, später aber weit langsamer vollzogen habe, als der Ausgleich der Ermüdung. Weiterhin aber haben Versuche von Hylan mit Arbeitsabschnitten von 5′ Dauer, die durch verschieden lange Pausen von einander getrennt waren, dargethan, dass es lange vor der Erreichung der Gleichgewichtspause eine Pause gibt, durch welche die Leistung eine rasche und erhebliche Senkung erfährt. Diese Pause lag bei seinen drei Personen zwischen 10′ und 20′, soweit die ungenügend abgestuften Versuche ein Urtheil erlauben. Endlich besitzen wir Versuche von Krauss nach der gleichen Anordnung, die wenigstens bei 3 von 5 Personen deutlich eine »ungünstigste Pause« von etwa 15′ Dauer erkennen lassen; bei den anderen Personen wurde sie möglicherweise durch die zu grobe Abstufung der Versuche verdeckt. Ich gebe in Tabelle III einige Zahlen, welche diese Befunde verdeutlichen. Die Leistung im Addiren nach den Pausen von verschiedener Dauer ist überall in Procenten der vorher erreichten Arbeitswerthe ausgedrückt; alle Abschnitte umfassten nur 5 Minuten.

Tabelle III.

Pausendauer	0′	1′	5′	10′	15′	20′	30′
Hylan, H.	100,3	100,8	103,3	101,1	101,1	93,9	106,1
Hylan, K.	98,5	100,6	101,5	98,5	100,4	99,9	100,9
Hylan, W.	100,5	100,1	109,0	110,4	98,4	111,8	112,5
Krauss, A.	96,0	99,1	98,2		98,2		101,1
Krauss, D.	97,3	96,4	101,4		90,4		100,8
Krauss, E.	94,6	98,1	102,8		98,6		101,7

Die hier überall mehr oder weniger deutlich hervortretende ungünstigste Pause vor dem späteren Anwachsen der Werthe lehrt uns mit Bestimmtheit, dass in der Zeit zwischen 10′ und 20′ ein arbeitfördernder Einfluss aufgehört haben muss. Dass es sich hier um die Anregung Amberg's handelt, wird man schwerlich bezweifeln können. Auffallend ist nur der Umstand, dass diese Anregung auch nach einer so kurzen Arbeitszeit, wie sie hier vorlag, 15′ oder selbst 20′ angedauert haben soll. Man wird kaum annehmen dürfen, dass nach 5 Minuten Arbeit das einfache Beharrungsvermögen des Seelenwerkzeuges die spätere Thätigkeit so lange Zeit erleichtern konnte. Vielmehr wird man sich zu denken haben, dass während der kürzeren Pausen, so lange die Versuchsperson die baldige Wiederaufnahme der Thätigkeit im Auge behielt, eine gewisse »Arbeitsbereitschaft« fortbestand, die sich im einzelnen vielleicht aus sehr verschiedenen Bedingungen zusammensetzte, etwa aus dem Festhalten bestimmter Vorstellungen und Willensrichtungen, dem Ausschlusse von ablenkenden Einflüssen, am Ende auch einer gewissen Spannung und Erregung im Sinne der Trägheit.

Wie die Bezeichnung der ungünstigsten Pause andeutet, nimmt die Leistung nicht nur bei längeren, sondern auch bei kürzeren Pausen einen höheren Stand ein. Dadurch entsteht vor der ungünstigsten eine neue günstige Pause, die in der Regel eine etwas geringere Steigerung der Leistung erzeugen dürfte, als die spätere. In der Tabelle III trifft das nicht immer zu, doch dürfen wir nicht außer Acht lassen, dass die dort gegebenen Zahlen bei der Größe der Abstufungen nur ein sehr lückenhaftes Bild von dem wahren

Verlaufe der Dinge zu übermitteln vermögen. Die erste günstige Pause liegt etwa bei 5′, wie wir aus unseren Versuchen schließen dürfen. Wir haben uns wohl vorzustellen, dass die geringe Einbuße an Arbeitsbereitschaft nach dem Aufhören der Arbeit zunächst die Erholungswirkungen der Pause nicht auszugleichen vermag. Diese überwiegen daher im Anfange über den ungünstigen Einfluss der Arbeitsunterbrechung, während späterhin der ziemlich rasch erfolgende Verlust der Anregung das Verhältniss ungünstiger gestaltet. Nach einer Minute Pause ist, wie aus der Tabelle III hervorgeht, die Leistung bald etwas größer, bald etwas kleiner, als bei ununterbrochenem Fortarbeiten. Wir haben Grund, anzunehmen, dass im ersteren Falle ein höherer Grad von Ermüdung, unter sonst gleichen Bedingungen also eine stärkere Ermüdbarkeit besteht, als im letzteren.

Es hat sich nämlich schon bei Amberg's Versuchen herausgestellt, dass die Erholungswirkung einer Pause ganz wesentlich von der Art und Dauer der vorhergehenden Arbeit abhängig ist. So steigerte eine viertelstündige Pause die Leistung, wenn sie nach einstündiger Addirarbeit eingeschoben wurde, während sie nach einhalbstündiger Thätigkeit ungünstig gewirkt hatte. Trat aber an Stelle des Addirens das Lernen, so erwies sich die gleiche Pause schon nach einer halben Stunde günstig. Auf stärkere Ermüdungswirkungen ist es daher wohl in erster Linie zurückzuführen, wenn auf Lindley's Versuchspersonen nach halbstündiger Arbeit die Pause von 15′ verhältnissmäßig günstiger wirkte als bei Amberg. Anscheinend überwog der Ausgleich der Ermüdung so sehr, dass dem gegenüber der Anregungsverlust nicht zur Geltung kam. Es ist aber natürlich auch möglich, dass in dem Verhalten der Anregung Unterschiede bestehen, über die wir uns bisher keine Rechenschaft zu geben vermögen.

Die große Bedeutung des Ermüdungsgrades für die Wirkung der Pause ergibt sich deutlich aus Versuchen, die Heumann neuerdings angestellt hat, indem er überall eine Pause von 1′ nach Addiren von 1′ bis zu 60′ Dauer einschob. Dabei ließ sich klar erkennen, dass nach kurzen Arbeitszeiten die Unterbrechungswirkung der Pause überwog, während mit dem Anwachsen der Ermüdung die Erholungswirkung immer stärker hervortrat. So lieferte eine Versuchsperson

folgende Leistungen nach der Pause, ausgedrückt in % der Durchschnittsleistung vor derselben:

Tabelle IV.

Arbeitsdauer	1′	5′	10′	15′	30′	60′
Leistung nach der Pause (%)	86,7	97,4	105,3	106,0	111,5	112.3

Nach 5′ Arbeit war hier offenbar die Ermüdung noch so gering. dass ihr Ausgleich den Verlust an Anregung nicht zu überwiegen vermochte. Erst bei 10′ trat die Erholung durchaus in den Vordergrund. Allerdings handelte es sich hier um eine Versuchsperson mit großer Ermüdbarkeit und Uebungsfähigkeit. In einer anderen, ähnlichen Versuchsreihe, die Hylan mit einer Versuchsperson von sehr geringer Ermüdbarkeit durchführte, ließ sich beim Anwachsen der Arbeitszeit von 5′ auf 20′ noch keine regelmäßige Zunahme der günstigen Pausenwirkung nachweisen. Andererseits schien es in den Versuchen Hylan's, als ob die Länge der günstigsten Pause mit wachsender Uebung abnähme. Diese Beobachtung deutet auf einen rascheren Ausgleich der Ermüdungserscheinungen bei vorgeschrittener Uebung hin, wie er mit sonstigen Erfahrungen der Versuche und des täglichen Lebens über die Abnahme der Ermüdbarkeit durch die Uebung in gutem Einklange stehen würde. Wir erkennen aus allen angeführten Thatsachen, dass die Wirkung einer Pause durchaus von dem Grade der bestehenden Ermüdung abhängig ist und gerade deswegen vielleicht als Maß für die Größe von Ermüdungswirkungen benutzt werden kann.

Dass der Unterschied in der Wirkung einer Pause von 1′ um 25 % anwachsen könne, je nachdem die Arbeitszeit vorher 1′ oder 60′ betragen hat, ist gewiss überraschend. Indessen ist dabei zu berücksichtigen, dass die Durchschnittswerthe vor der Pause bei den längeren Arbeitszeiten deswegen verhältnissmäßig zu niedrig ausgefallen sind, weil in ihnen der jedesmalige erhebliche Uebungsfortschritt, der den Werth nach der Pause hob, nur ungenügend zum Ausdrucke kommt. Vergleicht man die Leistung der letzten 5 Minuten unmittelbar

vor der Pause mit der Leistung nach derselben, so beträgt der Zuwachs nach einstündiger Arbeit nur noch 8,2 %, so dass sich der gesammte Spielraum der Pausenwirkung im vorliegenden Falle auf 21,5 % ermäßigt. Auch so schon erscheint es recht bemerkenswerth, dass eine so kurze Pause nach längerer Arbeit eine derartige Besserung der Leistung herbeiführen kann. Wir müssen daraus den Schluss ziehen, dass die Erholung keinesfalls wesentlich in einem Ersatze der verbrauchten Stoffe liegen kann, da auf diesem Wege eine so schleunige Wirkung unmöglich erscheint. Vielmehr werden wir durch diese Erfahrung darauf hingewiesen, dass hier wohl ähnliche Verhältnisse obwalten wie beim Muskel. Dort können wir deutlich die durch eine einzelne Ziehung oder Gruppe von Ziehungen erzeugte, sich rasch ausgleichende Ermüdung von der erst in längerer Arbeit allmählich anwachsenden Dauerermüdung auseinanderhalten, die nur langsam und hauptsächlich unter dem Einflusse der Nahrungsaufnahme sich wieder verliert. Wir haben allen Grund, beim Muskel für die Curvenermüdung die Anhäufung von lähmend wirkenden Zersetzungsstoffen und nur für die Dauerermüdung die Erschöpfung des Kraftvorrathes verantwortlich zu machen. Daher dürfen wir wohl auch hier vermuthen, dass die ungemein starke Wirkung kurzer Pausen vor allem auf die Ausspülung von Stoffwechselerzeugnissen zurückzuführen ist, die sich im Laufe fortgesetzter Arbeit rascher angesammelt haben, als sie weggeschafft werden können. Auf ihrer Giftwirkung beruht wahrscheinlich der größte Theil der Ermüdungslähmung, wenn sich auch die Anzeichen einer Dauerermüdung, die nur durch Stoffersatz ausgeglichen werden kann, bei längerer Arbeit überall nachweisen lassen. Auch für die geistige Ermüdung würde somit die Vorstellung verwerthbar sein, dass wir es, wie beim Muskel, mit einer Art Selbststeuerung zu thun haben, insofern die Zerfallstoffe durch ihre lähmenden Wirkungen die Leistung herabsetzen und damit eine wirkliche Erschöpfung des Kraftvorrathes mit ihren verderblichen Folgen für den Bestand der Gewebe verhindern.

Bei sehr kurz dauernder Arbeit kann natürlich die Anhäufung von Zersetzungsstoffen nur unbedeutend sein. Ihre Beseitigung in der Arbeitspause wird daher auf die Höhe der Leistung nur einen geringfügigen Einfluss ausüben. Da ferner der Uebungsrest einer Arbeit von 1′ nach der Pausenminute verschwindend sein dürfte,

so liegt die Vermuthung nahe, dass wir in dem Sinken der Leistung, wie es die Tabelle IV nach 1′ aufweist, einen brauchbaren Maßstab für die Größe der Anregung besitzen. Scheint doch die Abnahme des Arbeitswerthes um 13,3 % wesentlich oder ausschließlich durch den theilweisen Verlust der Anregung in der kurzen Pause verursacht zu sein. Dieser Betrag ist ganz auffallend hoch, zumal wenn wir bedenken, dass die Anregung nach 1′ gewiss noch nicht voll entwickelt gewesen sein kann und dass nach 5 Minuten Arbeit, wie Hylan's Versuche zeigen, ihre letzten Spuren mindestens 10′ lang das Aufhören der Arbeit überdauern. Der hier abgeleitete Werth könnte demnach nur einen Theil der Anregung umfassen, die wir nach 5′ oder 10′ Arbeitszeit anzunehmen hätten.

Allein diese Annahme ist trügerisch. Es zeigt sich nämlich, dass die kurze Arbeitszeit von 1′ in ganz unverhältnissmäßigem Grade vom Antriebe beherrscht wird. Die Aussicht, nur eine Minute Zeit vor sich zu haben, führt zu einer sehr starken Willensanspannung, wie sie keine zweite Minute lang eingehalten werden könnte. Dadurch wird der erste Vergleichswerth viel zu hoch. Allerdings fehlen auch in den übrigen Arbeitsabschnitten vor und nach den Pausen Antriebswirkungen nicht, aber sie sind einmal geringer; sodann aber wird ihr Einfluss auf die Zahlen der Tabelle durch die Mittelziehung aus längeren Zeiträumen mehr oder weniger vollständig ausgeglichen. Die Unterbrechungswirkung der Pause nach 1′ Arbeit erscheint demnach viel zu ungünstig und vermag durchaus keine richtige Vorstellung von der wahren Größe der Anregung zu liefern.

In ähnlicher Weise wie der Antrieb können anscheinend auch andere vorübergehende Einflüsse die Arbeitswerthe vor oder nach der Pause verändern und dadurch das Bild der Pausenwirkung fälschen. Namentlich ablenkende Ursachen würden hier in Betracht kommen, die aber durch Häufung der Versuche unschädlich gemacht werden können. Ferner hat Hylan Pausenversuche ausgeführt, in denen dem ersten Arbeitsabschnitte ein zweistündiger Spaziergang voraufging. Er hoffte, dabei den Einfluss körperlicher Ermüdung auf die Pausenwirkung genauer feststellen zu können. Es zeigte sich indessen, dass außer der Ermüdung zunächst eine leichte Erregung auftrat, welche die Arbeit erleichterte, sich aber nach einiger Zeit wieder verlor. Dieses Schwinden der Erregung bedingte eine

Abnahme der Leistung, welche die Wirkung der Pausen, innerhalb deren sie erfolgte, unverhältnissmäßig ungünstig erscheinen ließ. So konnte eine künstliche ungünstige Pause entstehen, deren Lage jedoch nicht mehr von den Ermüdungsverhältnissen im Versuche, sondern nur von der Länge der Zwischenzeit seit der Beendigung des Spazierganges abhängig war.

III. Die Zerlegung der Arbeitscurve.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben uns gezeigt, dass die Arbeitscurve eine recht verwickelte Zusammensetzung aufweist. Uebung und Ermüdung, Gewöhnung, Anregung und Antrieb in wechselnder Größe, dazu Uebungsverlust und Erholung wirken mit und gegeneinander, um alle die mannigfaltigen Gestaltungen der Arbeitscurve zu erzeugen, die uns bei der Untersuchung verschiedener Personen und unter verschiedenen Bedingungen begegnen. Man wird nicht gerade behaupten können, dass diese Feststellung etwas wesentlich Neues enthalte. Alle die genannten einzelnen Bedingungen sind uns aus den Erfahrungen des täglichen Lebens genugsam bekannt. Wir wissen, dass die Arbeit uns nicht nur ermüdet, sondern auch unsere Leistungsfähigkeit steigert, dass wir uns an eine neue Thätigkeit erst gewöhnen müssen, dass uns Unterbrechungen hindern, bei einer Arbeit warm zu werden u. s. f. Manche dieser Sätze und die aus ihnen abgeleiteten Folgerungen sind geradezu Volksregeln geworden, die wir mehr oder weniger klar bewusst in unserer Lebensführung befolgen.

Dennoch dürfte wohl kaum Jemand im stande sein, sich ohne die Ergebnisse des Versuches ein deutliches Bild von dem Ineinandergreifen aller der genannten Einflüsse zu entwerfen. Ich selbst muss wenigstens gestehen, dass ich mehr als ein Jahrzehnt gebraucht habe, um nach und nach auf die Betheiligung der einzelnen Umstände an der Entstehung der Arbeitscurve aufmerksam zu werden. Die Quelle der Erkenntniss waren regelmäßig Versuche, die ein ganz anderes Ergebniss lieferten, als ich erwartet hatte. Die Lösung des Widerspruches führte dann zur Aufdeckung irgend eines bis dahin übersehenen Gliedes in der Kette von Ursachen, welche die Arbeitscurve gestalten. War die Lösung einmal gefunden, so tauchten stets eine

Menge von Bestätigungen aus der gewöhnlichen Erfahrung auf, die vorher unbeachtet geblieben waren. So gewannen die zunächst mehr als Zufallserzeugnisse erscheinenden mannigfachen Curven allmählich immer mehr innere Bedeutung, als es gelang, in diesen und jenen Einzelheiten die Wirkung ganz bestimmter Ursachen zu erkennen.

Das Ziel unserer Versuche war indessen ein höheres. Es galt, nicht nur die Art, sondern auch die Größe der Einflüsse zu erforschen, welche die Arbeitscurve beherrschen. Kennen wir aber alle in Betracht kommenden Größen, so müssen wir im stande sein, aus ihrem Zusammenwirken die gefundene Curve in ähnlicher Weise zusammenzusetzen, wie eine verwickelte Schwingungscurve aus einzelnen Pendelcurven von verschiedener Schwingungszahl oder einen Vielklang aus Einzeltönen. Gelingt ein solcher Versuch, so zeigt er uns zugleich, dass uns kein wesentlicher Umstand mehr unbekannt ist, der an der Entstehung der Arbeitscurve Antheil haben könnte. Sonst müsste nothwendig an irgend einem Punkte eine Lücke entstehen, die wir mit unserer jetzigen Kenntniss der Dinge nicht auszufüllen vermöchten.

So verlockend der Gedanke eines Aufbaues der Arbeitscurve aus ihren Bestandtheilen auch ist, so groß sind doch die Schwierigkeiten, die einem derartigen Unternehmen zur Zeit noch entgegenstehen. Die Vorgänge, die hier in einander greifen, sind so innig mit einander verknüpft, dass es unmöglich erscheint, sie getrennt einer Messung zugänglich zu machen. Wir erkennen ihr Dasein, gewissermaßen wie dasjenige mancher Sternmassen im Weltenraum, nur aus den Störungen, die sie im Ablaufe anderer Vorgänge verursachen, ohne dass wir sie aus ihren Verbindungen loszulösen vermöchten. Höchstens durch Rechnung können wir die Größe ihres Einflusses einigermaßen bestimmen. Und während die Weltkörper stets in den gleichen Bahnen wandeln, so dass allmählich eine immer größere Genauigkeit der Messung, eine fortschreitende Berücksichtigung aller Fehler möglich ist, haben wir es hier mit überaus flüchtigen, den mannigfaltigsten Zufällen und der Willkür unterworfenen Vorgängen zu thun, die niemals in genau derselben Form wiederkehren, da sie selbst die Bahnen verändern, in denen sie sich abspielen.

Es ist jedoch kein Zweifel, dass auch auf unserem Gebiete feste Gesetze gelten, und dass durch Häufung der Beobachtungen

schließlich doch wenigstens in groben Umrissen sich auch die Größenbeziehungen der einzelnen zusammenwirkenden Einflüsse feststellen lassen müssen. Ungemein wichtig ist für die Lösung dieser Aufgabe der Umstand, dass die verschiedenen Vorgänge von ganz verschiedener Nachhaltigkeit sind. Der Antrieb vermag höchstens Minuten lang die Leistung zu beeinflussen; die Anregung schwindet rasch nach dem Aufhören der Thätigkeit, langsamer die Ermüdung. Dagegen bleiben die Spuren der Uebung und namentlich der Gewöhnung unter Umständen Wochen und Monate lang zurück. Wie wir einen Vielklang dadurch zerlegen können, dass wir bald das eine, bald das andere Instrument zum Schweigen bringen, um so den Antheil jedes einzelnen in dem Gesammteindrucke deutlicher zu machen, so gibt uns die verschiedene Dauer der Vorgänge, welche die Arbeitscurve zusammensetzen, die Möglichkeit, einzelne derselben nach Belieben ein- und auszuschalten und dadurch Art und Größe ihres Einflusses genauer zu umgrenzen.

Das Hülfsmittel, dessen wir uns zur Erreichung dieses Zweckes bedienen, ist der Pausenversuch im weitesten Sinne des Wortes, die Untersuchung der Wirkungen, welche Zwischenzeiten von allerkürzester bis zu allerlängster Dauer auf den Ablauf der Arbeitscurve ausüben. Allerdings leidet auch dieses Verfahren, so fruchtbar es sich bisher erwiesen hat, an dem großen Uebelstande, dass wir nach dem Abklingen eines Vorganges die übrigen nicht unverändert vorfinden, sondern dass jede Pause alle neben einander herlaufenden Vorgänge ohne Ausnahme beeinflusst, nur in verschiedenem Grade. Wir vermögen somit die fließenden und ungemein veränderlichen Größen nicht in dem ganzen Verlaufe ihres Wirkens, sondern zunächst immer nur in einzelnen, ganz bestimmten Abschnitten zu messen. Ueber den unserer Messung nicht zugänglichen, weil nicht rein darstellbaren Theil der Einzelcurven können wir uns vor der Hand nur mehr oder weniger unsichere Vermuthungen bilden.

Dazu kommt aber endlich die Unzulänglichkeit der vorliegenden Beobachtungen. Wenn vielleicht manche Einzelheiten der hier behandelten Frage sich der genaueren Feststellung grundsätzlich und für immer entziehen, wäre es an vielen Punkten nicht einmal besonders schwierig, durch geeignete Versuche weitere Aufklärung zu gewinnen. Freilich erfordern alle solche Versuche einmal eine zweck-

mäßige Anordnung, die nur aus eingehendster Kenntniss dieses Sondergebietes heraus zu treffen ist, sodann aber große Geduld und völlige Unabhängigkeit in der gesammten Lebensführung, da sonst unberechenbare Fehlerquellen die Ergebnisse trüben und verwirren würden. Unter diesen Umständen ist, zumal diesen Untersuchungen vorerst greifbare Beziehungen zu allgemeinen Lebenszwecken fehlen, nur eine sehr langsame und schrittweise Förderung unseres Wissens zu erwarten.

Trotz aller dieser und mancher anderer Bedenken habe ich doch geglaubt, den etwas verfrühten Versuch einer zahlenmäßigen Zerlegung der Arbeitscurve in ihre Bestandtheile wagen zu sollen. Allerdings tritt aus den schon angedeuteten Gründen das von mir entworfene Bild nicht mit dem Anspruche der Naturwahrheit auf. Es soll vielmehr nur eine allgemeine Vorstellung von dem gegenseitigen Verhältnisse der einzelnen Vorgänge gewähren, die sich in der Arbeitscurve verbinden, eine übersichtliche Darstellung meiner früheren Betrachtungen, deren Anordnung das Ineinandergreifen der verschiedenartigen Einflüsse nicht immer klar genug erkennen ließ. Es erschien mir deswegen auch zweckmäßig, nicht von einer einzelnen, sondern von einer Durchschnittscurve auszugehen, weil ich hoffen konnte, dass in ihr die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten gegenüber den zufälligen Abweichungen deutlicher hervortreten würden. Dennoch musste ich die Annahme machen, dass es sich um einen ersten Arbeitstag handle, um auch die Entwicklung des Gewöhnungsvorganges in die Darstellung aufnehmen zu können. Die Größen für Uebung und Ermüdung mussten dieser Annahme entsprechend berechnet werden, obgleich sie für die Durchschnittscurve an sich natürlich andere Werthe aufgewiesen haben würden. Es wird sich indessen zeigen, dass diese Fehler, die ich hätte vermeiden können, wenn ich mehr, als ein allgemeines Bild hätte geben wollen, an Gewicht weit hinter denjenigen Unsicherheiten zurückstehen, denen wir auf Schritt und Tritt begegnen, sobald wir mit den bisher verfügbaren, unzulänglichen Hülfsmitteln wirklich an die Einzelheiten unserer Aufgabe herantreten.

Von den mir vorliegenden Versuchen waren für meinen Zweck nur diejenigen von Lindley geeignet, da nur hier einerseits genügend vielseitige Pausenversuche angestellt waren, während andererseits

doch die Arbeitszeit von einer Stunde genügte, um alle Bestandtheile der Curve deutlich zu machen. Da es mir darauf ankam, auch die Vorgänge in den Pausen mit darzustellen, wählte ich den Versuch von A. mit 30′ Pause. Er schien mir am geeignetsten, weil A. eine große Flüssigkeit seiner Seelenvorgänge darbot, und weil die Kürze der günstigsten Pause die Möglichkeit gewährte, hier die Darstellung der Pause noch über deren Dauer hinaus fortzusetzen, ohne doch die Zeichnung allzusehr in die Breite zu ziehen. Die Einzelwerthe des Versuches, wie sie Lindley in seiner Tabelle VII[1]) zusammengestellt hat, waren für die auf einander folgenden 5-Minutenabschnitte folgende:

Tabelle V.

483	473	478	473	486	474	30′ Pause	496	510	513	489	497	494

Unsere erste Aufgabe besteht darin, ein Maß für die Größe des Uebungsfortschrittes in dieser Reihe zu finden. Wir gehen dabei aus von Lindley's Tabelle II, in der sich der durchschnittliche tägliche Uebungszuwachs für die drei gleichartigen Versuchsgruppen von 10, 10 und 6 Tagen Dauer angegeben findet. Er betrug für die erste Gruppe 10, für die zweite 0,7, für die dritte 1,1%. Diese Zahlen stellen die durchschnittliche tägliche Zunahme der halbstündigen Arbeitswerthe in % der Leistung der ersten halben Stunde des ersten Tages jeder Gruppe dar. Wir ersehen daraus, dass dieser Uebungscoefficient am Schlusse der ersten Gruppe kaum mehr als etwa 1% betragen haben kann, da er sich in den nächsten Gruppen dauernd um diesen Werth herum bewegt. Ist das der Fall, so muss die procentische Zunahme der Leistung vom ersten zum zweiten Tage mindestens 19% betragen haben, da sonst der Durchschnitt von 10% nicht zu stande gekommen wäre. Eher war er noch größer, da nach allgemeiner Erfahrung die Uebung im Anfange weit rascher sinkt, als späterhin. Doch wird dieser Fehler dadurch wohl einigermaßen wieder ausgeglichen, dass die Procentbeziehung in den späteren Gruppen zu höheren Ausgangswerthen stattfand und daher

1) A. a. O. S. 503.

im Vergleiche zu der ersten Gruppe niedrigere Uebungscoefficienten lieferte. Unter der Annahme eines anfänglichen Uebungscoefficienten von 19% würde der Uebungszuwachs in unserer Reihe, wenn wir sie als ersten Arbeitstag betrachten, bis zum nächsten Tage für die erste halbe Stunde 276 Zahlen betragen, während sich der durchschnittliche halbstündige Uebungsfortschritt von Tag zu Tag bei Zusammenfassung aller Gruppen aus Lindley's Tabelle II auf 136 Zahlen berechnen lässt.

Allein alle diese Werthe sind mit dem sehr großen Fehler des Uebungsverlustes von einem Tage zum anderen behaftet und darum für die Feststellung des Uebungszuwachses innerhalb unserer Tagesreihe nicht zu verwenden. Besser eignet sich für diesen Zweck der Uebungsfortschritt, der sich aus der günstigsten Pause in Tabelle I bei Lindley ergibt, und der für eine halbe Arbeitsstunde 135 Zahlen oder 4,8% betrug. Indessen dieser Werth ist aus dem Durchschnitte aller Versuche gewonnen und deswegen für den ersten Tag allein viel zu niedrig. Vielleicht aber ist es gestattet, anzunehmen, dass sich der reine Uebungsfortschritt, wie er aus der günstigsten Pause erhalten wird, während der Versuchsreihe in demselben Maßstabe verändert wie der tägliche Uebungszuwachs. Wir würden dann die Beziehung aufstellen können $276 : 136 = x : 135$, wo x den reinen Uebungsfortschritt am ersten Tage bedeutet. Bevor wir jedoch diese Rechnung ausführen, werden wir zu berücksichtigen haben, dass auch die Zahl 135 den reinen Uebungszuwachs selbst für den Durchschnitt noch zu niedrig angibt. Da die günstigste Pause 15′ betrug, ist jener Werth um den Uebungsverlust in diesem Zeitraume zu klein. Außerdem war nach 15′ sicher noch ein Ermüdungsrest vorhanden, der die Leistung nach der Pause herabdrückte. Nach beiden Richtungen hin werden wir also unsere Zahl zu verbessern haben.

Für die Schätzung des Uebungsverlustes steht uns nur die Thatsache zu Gebote, dass nach 60′ Pause der Leistungszuwachs gegenüber der Pause von 30′ um 1,1% abgenommen hatte. Diese Abnahme wäre als reiner Uebungsverlust zu betrachten, wenn nach 30′ schon jeder Rest von Ermüdung durch den ersten Arbeitsabschnitt verschwunden gewesen wäre. Das ist freilich im Hinblicke auf die Erfahrungen von Rivers sehr unwahrscheinlich. Ohne Ermüdung

würde wohl die Leistung nach 30′ höher ausgefallen, die Abnahme bei Verlängerung der Pause um weitere 30′ also größer gewesen sein. Da wir diesen Fehler nicht beseitigen können, müssen wir uns damit begnügen, für 30′ einen Uebungsverlust von 33 Zahlen zu verzeichnen. Für 15′ würden wir demnach mindestens 17 Zahlen erhalten, wenn der Uebungsverlust in den ersten 15′ nicht schneller erfolgt wäre, als zwischen 30′ und 60′. Auch diese Annahme trifft sicherlich nicht zu, doch haben wir zunächst keine Möglichkeit, die wirkliche Geschwindigkeit des Uebungsverlustes in der günstigsten Pause festzustellen, müssen es also bei dem genannten, viel zu niedrigen Werthe bewenden lassen.

Setzen wir diesen Werth, was etwas mehr Berechtigung hat, auch für die Zeit zwischen der 15. und der 30. Minute ein, so würden wir erwarten, dass der Leistungszuwachs nach der Pause von 30′ um 17 Zahlen niedriger ausfallen werde, als nach 15′, wenn inzwischen nur ein Uebungsverlust und keine Erholung stattgefunden hätte. In Wirklichkeit ist er nur um 3 Zahlen gesunken, so dass also in den dazwischen liegenden 15′ ein Ausgleich der Ermüdung um mindestens 14 Zahlen stattgefunden hat. Allerdings ist dieses Ergebniss wegen der verschiedenen Höhe der gesammten Arbeitswerthe in den verglichenen Reihen noch mit einem kleinen Fehler behaftet. Weit wichtiger aber ist es, dass die Erholung ohne Zweifel im Anfange ungleich rascher von statten geht, als späterhin. Der hier für die zweite Viertelstunde gefundene, an sich schon viel zu kleine Werth bleibt demnach für die erste Viertelstunde gewiss noch weit mehr hinter der Wirklichkeit zurück. Da wir aber den Gang der Erholung unter den gegebenen Bedingungen durchaus nicht kennen, werden wir vorerst doch bei der gefundenen Zahl stehen bleiben müssen.

Um den Uebungsverlust in 15′ und den nach der gleichen Zeit noch vorhandenen Ermüdungsrest werden wir die Leistung nach der günstigsten Pause vergrößern müssen, wenn wir durch Vergleich derselben mit der Arbeit vor der Pause die Größe des reinen Uebungsfortschrittes finden wollen. Der Werth von 135 würde sich demnach um 17 + 14 Zahlen, also auf 166 erhöhen. Freilich gibt auch diese Zahl nur eine sehr entfernte Annäherung an die thatsächlichen Verhältnisse, da sowohl der Uebungsverlust wie der aus ihm abgeleitete Ermüdungsrest ohne Zweifel bedeutend zu klein sind.

Die Ausrechnung des oben aufgestellten Verhältnisses würde als reinen, verbesserten Uebungszuwachs für den ersten Tag der ersten Versuchsgruppe 336 Zahlen auf die halbe Arbeitsstunde, also 56 Zahlen auf je 5′ ergeben. Um welchen Betrag dieser untere Annäherungswerth zu erhöhen wäre, entzieht sich zur Zeit unserer Kenntniss. Ich will jedoch nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass es recht wohl möglich erscheint, mit Hülfe kürzerer Arbeitszeiten, bei denen die Ermüdungswirkungen weniger störend sind, den Gang des Uebungsverlustes auch in seinen ersten Abschnitten etwas genauer zu verfolgen.

Der Uebungszuwachs, mag man ihn in einfachen Zahlen oder in Verhältnisswerthen ausdrücken, ist keine stetige Größe, sondern fortwährenden Veränderungen unterworfen, über deren Verlauf wir leider noch sehr wenig unterrichtet sind. Zunächst hat er die allgemeine Neigung, sich mit fortschreitendem Uebungsgrade zu verkleinern. Sodann werden wir in dem einzelnen Versuche anzunehmen haben, dass die Uebungswirkung der Arbeit mit dem Anwachsen der Ermüdung sinkt. Endlich aber werden wir die Uebungsfortschritte der einzelnen Abschnitte eines Versuches nicht in voller Größe in Rechnung ziehen dürfen, um das Gesammtergebniss der Uebung zu erhalten, da sicherlich auch während der Arbeit ein Uebungsverlust stattfindet, der allerdings durch neuen Erwerb immer mehr als gedeckt wird. Kennten wir genau das Gesetz, nach welchem die Spuren der Arbeit verblassen, so würden wir vielleicht im stande sein, in einer Differentialformel den jeweils während der Arbeit aus den vergangenen Minuten noch vorhandenen Uebungsrest auszudrücken. So aber müssen wir uns mit der allgemeinen Erfahrung bescheiden, dass die Uebungswirkung auch im einzelnen Versuche nicht in gleichen, sondern in allmählich sich verkleinernden Abstufungen fortschreitet. Einen Wegweiser für den Verlauf der Uebungscurve im einzelnen vermag uns nur der Gang der thatsächlich gefundenen Arbeitswerthe zu geben. Nur soviel können wir nach einem ähnlichen Gedankengange wie oben berechnen, dass der reine, verbesserte Uebungsfortschritt für je 5′ bei Beginn der zweiten Versuchsgruppe bereits auf etwa 5 Zahlen gesunken war.

Um uns einen Einblick in die Größe der Ermüdungswirkungen zu verschaffen, gehen wir aus von der Reihe ohne Pause. Offenbar

müsste hier die Leistung in der letzten Viertelstunde um den reinen halbstündigen Uebungszuwachs größer sein, als diejenige der zweiten Viertelstunde, um den viertelstündigen Uebungszuwachs größer, als die der dritten Viertelstunde. Als halbstündigen Uebungszuwachs hatten wir oben für den ersten Tag 336 Zahlen gefunden. Es ist jedoch wohl anzunehmen, dass diese Zahl nur für den ersten Anfang des Versuches Gültigkeit hat und sich sehr bald verkleinert. Aus dem Vergleiche des Uebungsfortschrittes im Anfange der beiden ersten Versuchsgruppen würde folgen, dass derselbe in jeden 5′ um etwa eine Zahl sinkt. Unter dieser Annahme würde sich die erwartete Uebungswirkung in der letzten halben Stunde des ersten Versuchstages auf 256, in der dritten Viertelstunde auf 147 Zahlen berechnen. Im Hinblicke auf unsere früheren Betrachtungen ist es zwar wahrscheinlich, dass die Abnahme des Uebungsfortschrittes in Wirklichkeit rascher erfolgt ist; andererseits waren aber auch die berechneten Uebungswerthe von vornherein sicher zu klein, zumal wir den halbstündigen Durchschnitt hier als Anfangswerth zu Grunde gelegt haben. Wir werden daher zur Zeit keine besser begründeten Zahlen für den muthmaßlichen Uebungszuwachs am ersten Versuchstage aufstellen können. Die Leistung in der zweiten Viertelstunde betrug 1311 Zahlen. Daraus würden sich durch Hinzufügung des angenommenen Uebungszuwachses für die dritte Viertelstunde 1458, für die letzte 1596 Zahlen berechnen lassen, wenn keine Ermüdung stattgefunden hätte. In Wirklichkeit wurden 1327 und 1340 Zahlen addirt, so dass wir als Betrag für die viertelstündige Ermüdung 131, für die halbstündige 256 Zahlen erhalten, für je 5′ im ersteren Falle 44, im letzteren 43 Zahlen.

Wenn demnach anscheinend die Ermüdungswerthe zunehmen, würden wir etwa für die zweite halbe Stunde 42, für die erste 41 Zahlen als Ermüdungsgröße annehmen dürfen. Ich will indessen hier bemerken, dass vorläufig keine Anhaltspunkte für die Annahme eines derartigen Anwachsens der Ermüdung vorliegen. Im Gegentheil ist es sicher, dass die Ermüdungswirkungen der Arbeit im allgemeinen mit fortschreitender Uebung abnehmen. Es wäre aber möglich, dass sich in diesem Ansteigen der Werthe, wenn es sich nicht um einen einfachen Zufall handelt, die Beeinträchtigung der Uebungswirkung durch die Ermüdung ausspricht. Wir werden daher

späterhin den Ermüdungswerth von 41 Zahlen zunächst regelmäßig für jeden Arbeitsabschnitt einsetzen, dafür aber die Uebungszahlen fortschreitend verkleinern. Nur gegen den Schluss der Arbeitsstunde werden wir in einer ganz leichten Abnahme der Ermüdungswirkungen dem Einflusse der wachsenden Uebung einen gewissen Ausdruck geben dürfen.

Auch für die Berechnung der Anregung gehen wir von der Reihe ohne Pause aus, deren Gang wir mit dem der nächsten, durch 5′ Pause unterbrochenen Reihe vergleichen. Wir dürfen erwarten, dass sich die Wirkung der Anregung in dem Verhältnisse der 6. und 7. Werthe beider Reihen kundgibt. Im einen Falle wird der 7. Werth durch die Anregung voll beeinflusst, während im anderen Falle ein gewisser Theil derselben wieder verschwunden ist. In der Reihe ohne Pause liegt der 7. Werth um 13 Zahlen höher, in derjenigen mit 5′ Pause um 12 Zahlen niedriger, als der 6. Die Wirkung des Anregungsverlustes in 5′ würde demnach 25 Zahlen gewesen sein, wie auch Lindley angibt. Allein dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Pause einerseits ein Uebungsverlust, andererseits eine gewisse Erholung stattgefunden hat. Der erstere hat den 7. Werth der Pausenreihe herabgesetzt, die letztere hat ihn erhöht. Dadurch ist dort eine scheinbare Vergrößerung der Anregungswirkung, hier eine scheinbare Verkleinerung derselben zu stande gekommen. Als Uebungsverlust für 30′ haben wir früher den Annäherungswerth von 1,1 % gefunden, der von 5′ etwa 0,2 % ergeben würde. Der 7. Werth der Reihe mit 5′ Pause wäre demnach in Folge des Uebungsverlustes um etwa 1 Zahl zu erhöhen. Auch dieser Werth ist wegen der viel größeren Anfangsgeschwindigkeit des Uebungsverlustes ohne Zweifel sehr erheblich zu klein.

Die Erholungswirkung der Pause von 15′ betrug nach Lindley's Tabelle I 4,8 %. Dieselbe wäre noch höher ausgefallen, wenn nicht inzwischen auch ein Uebungsverlust stattgefunden hätte, den wir nach unseren früheren Erörterungen, freilich zu klein, für 15′ auf 0,6 % berechnen können. Die wirkliche Erholungswirkung der viertelstündigen Pause war also mindestens 5,4 %; mithin werden wir diejenige nach 5′ auf mindestens 1,8 % bemessen dürfen. Auch dieser Werth ist entschieden zu klein. Bringen wir von ihm den ebenfalls zu kleinen Uebungsverlust für 5′ in Abzug, so kommen wir zu dem

Schlusse, dass wir den 7. Werth der Reihe mit 5′ Pause um 1,6 %, mithin um 7 Zahlen, zu erniedrigen haben, wenn wir wissen wollen, wie derselbe ohne Uebungsverlust und Erholung durch die Pause ausgefallen wäre. Der Unterschied im Verlaufe der Reihe ohne Pause und mit 5′ Pause erhöht sich dadurch auf 32 Zahlen. Das wäre also der, freilich mit vielen Fehlern behaftete Betrag, um den die Leistung während der Pause von 5′ durch den theilweisen Verlust der Anregung gesunken ist.

Freilich erfahren wir über die ganze Größe der Anregung dadurch nichts. Es wird auch ohne Versuche mit anderen kurzen Pausen nicht möglich sein, über diesen Punkt Klarheit zu gewinnen. Mir blieb daher nichts übrig, als den Gesammtwerth willkürlich anzunehmen. Unter der Voraussetzung, dass nach 5′ etwa 2/3—3/4 der Anregung geschwunden seien, wurde ihr Betrag auf etwa 45 Zahlen geschätzt, wahrscheinlich eher etwas zu niedrig, als zu hoch.

Um endlich auch für die Gewöhnung Zahlenwerthe zu finden, kehren wir zu unserer früheren Betrachtung zurück, dass vom ersten bis zum zweiten Arbeitstage nach dem späteren Verlaufe der Uebung ein Zuwachs von ungefähr 276 Zahlen zu erwarten gewesen wäre, ein Betrag, der allerdings wohl nicht ganz an die Wirklichkeit heranreicht. Dennoch lässt sich bestimmt sagen, dass der thatsächlich gefundene Zuwachs von 545 Additionen neben der Uebung zu einem recht erheblichen Theile der Gewöhnung seinen Ursprung verdanken muss. Folgt man der oben vertretenen Annahme, so würde die Gewöhnung in der ersten halben Stunde des zweiten Tages einen Fortschritt um 269 Zahlen bedingt haben. Unter der recht wahrscheinlichen Voraussetzung, dass auch am zweiten Tage die Gewöhnung noch eine gewisse, wenn auch bescheidene Rolle gespielt hat, wäre also der Antheil der Gewöhnung an dem Ausfall der Arbeitsleistung auf die einzelnen 5 Minuten des ersten Tages derart zu vertheilen, dass etwa der berechnete Betrag sich ergibt. Man erreicht das annähernd, wenn man annimmt, dass die Steigerung der Arbeit durch die zunehmende Gewöhnung am Schlusse der ersten halben Stunde 45, am Schlusse der zweiten 65 Zahlen für je 5 Minuten betragen hat und am nächsten Tage nochmals um etwa 20—25 Zahlen im Laufe der Arbeitsstunde angewachsen ist. Im einzelnen müssen wir uns allerdings diesen Verlauf ganz willkürlich ausmalen.

Es würde nunmehr noch unsere Aufgabe sein, auch die Größe der Willenseinflüsse in Rechnung zu ziehen, welche auf die Arbeitscurve eingewirkt haben können. Natürlich muss der Wille zur Arbeit während der ganzen Zeit vorhanden gewesen sein und das Werkzeug im Gange erhalten haben. Erfahrungsgemäß aber pflegt namentlich im Anfange die Willensspannung vorübergehend erhöht zu sein und erst nach einer gewissen Zeit einen mittleren Grad zu erreichen, der dann mit einigen Schwankungen dauernd festgehalten wird[1]. Um uns ein Urtheil über die Größe dieser mittleren Spannung zu bilden, werden wir zweckmäßig von dem Werthe der zweiten 5′ ausgehen, da in ihm der Antrieb bereits in der Hauptsache geschwunden zu sein scheint. Dieser zweite Werth ist aber schon durch Uebung, Anregung, Gewöhnung und Ermüdung beeinflusst. Wollen wir erfahren, wie der von allen diesen Ursachen unberührte Anfangswerth bei mittlerer Willensspannung ausgefallen wäre, so werden wir die Leistung des zweiten Arbeitsabschnittes um den Betrag der Uebung, Gewöhnung und Anregung für die ersten 5′ herabzusetzen, um denjenigen der Ermüdung zu erhöhen haben. Nehmen wir an, dass der zweite Werth durch die Uebung um 56, durch die Anregung um 35, die Gewöhnung um 30 Zahlen gesteigert, durch die Ermüdung um 41 Zahlen herabgesetzt wurde, so kommen wir zu dem Schlusse, dass der Anfangswerth bei normaler Willensspannung und ohne die Einwirkung aller jener Ursachen um 80 Zahlen unter der Leistung der zweiten 5′, also bei 393 Zahlen, gelegen haben würde. Da er aber thatsächlich nicht unter, sondern um 10 Zahlen über dem zweiten Werthe gefunden wurde, so muss er durch stärkere Willensspannung um den Betrag von 90 Zahlen gehoben worden sein. Diese Größe werden wir also dem Antriebe im Beginne der Arbeit zuschreiben dürfen. Auch im weiteren Verlaufe der Curve wird sich zeigen, dass die aus dem regelmäßigen Gange der einzelnen, zusammenwirkenden Einflüsse berechneten Werthe vielfach kleinere und größere Abweichungen von den wirklich gefundenen darbieten. Wir dürfen annehmen, dass gerade diese Abweichungen, die sich auch schon in der gefundenen Curve meist gut ausprägen, auf Schwankungen in der Willensspannung zurückzuführen sind.

1) Nach neueren Versuchen Heumann's stellt sich mit wachsender Ermüdung wahrscheinlich eine allmähliche Steigerung der Willensspannung ein.

Nach diesen etwas umständlichen, aber durchaus nothwendigen Vorbereitungen sind wir endlich im stande, die muthmaßliche Größe und den Gang der einzelnen erörterten Einflüsse für die auf einander folgenden Arbeitsabschnitte festzusetzen. Ich stelle die Ergebnisse in der folgenden Uebersicht zusammen, vorerst für die erste halbe Stunde.

Tabelle VI.

Abschnitte (5′)	1	2	3	4	5	6
Uebung	0	56	96	133	167	199
Ermüdung	0	41	82	123	164	205
Anregung	0	35	40	45	45	45
Gewöhnung	0	30	35	40	45	50
Antrieb	+ 90	0	— 4	— 15	0	— 8

Mit Hülfe dieser Zahlen sind wir im stande, vom Ausgangspunkte 393 aus die sämmtlichen Theilcurven aufzubauen, durch deren Zusammensetzung dann die wirklich gefundene Arbeitscurve entsteht. Diese Curven lehren uns, welchen Gang die Leistung nehmen würde, wenn sie ausschließlich durch einen einzelnen der dargestellten Einflüsse bestimmt wäre. Natürlich sind dabei die Werthe für Uebung, Anregung und Gewöhnung mit positivem, diejenigen für die Ermüdung mit negativem Vorzeichen zu versehen. Die Arbeitscurve selbst, wie sie auf der beiliegenden Tafel mit schwarzen Linien angedeutet ist, verläuft in der Hauptsache horizontal, mit geringen Schwankungen, die wesentlich durch Nachlassen und Anspannen des Willens verursacht scheinen. Uebung und Ermüdung, deren Curven mit blauer bezw. brauner Farbe eingezeichnet sind, halten sich im allgemeinen das Gleichgewicht, doch überwiegt anfangs die erstere, späterhin die letztere ein wenig. Dazu wird die ganze Curve nach kurzer Zeit schon durch Anregung und Gewöhnung, deren Verlauf in gelben bezw. grünen Linien wiedergegeben wurde, gleichmäßig über die Linie gehoben, die sie durch den Arbeitswillen allein erhalten würde. Im Beginne, wo diese beiden Einflüsse noch fehlen, tritt gewissermaßen ergänzend die Willensspannung ein, die wir in der rothen Linie angedeutet haben. Dieselbe ist demnach beim Einsetzen der Arbeit

weit größer, als man nach der gefundenen Arbeitscurve annehmen sollte; sie hat alle jene inneren und äußeren Arbeitshindernisse zu überwinden, die später durch Anregung und Gewöhnung beseitigt werden. Vielfach werden wir somit auch dort Antriebswirkungen zu vermuthen haben, wo die Arbeitscurve vom ersten zum zweiten Werthe nicht fällt, sondern steigt. Die hohe Willensspannung dauert, wie das regelmäßig der Fall ist, nur ganz kurze Zeit an, um dann mit der wachsenden Erleichterung der Arbeit einem Nachlasse Platz zu machen. Späterhin tritt noch einmal eine leichte Steigerung hervor, allerdings nur bis auf die im zweiten Arbeitsabschnitte eingehaltene Höhe. Vielleicht geschieht das unter dem Einflusse der allmählich sich entwickelnden Müdigkeit, nachdem die ursprünglich so rasch fortschreitende Arbeitserleichterung einigermaßen zum Stillstande gekommen war.

Suchen wir uns nunmehr über die Vorgänge während der halbstündigen Pause Rechenschaft zu geben, so werden wir anzunehmen haben, dass sich in dieser Zeit der bei weitem größte Theil der Ermüdung ausglich, dass ein erheblicher Uebungsverlust stattfand, dass die Anregung vollständig verschwand, die Gewöhnung jedoch, wenn überhaupt, so doch nur eine sehr kleine Einbuße erlitt. Genauere Anhaltspunkte für die zahlenmäßige Darstellung dieser Vorgänge fehlen uns leider fast ganz; wir wissen nur, dass von der Anregung im Laufe der ersten 5 Minuten 32 Zahlen verloren gehen und dass nach 10—15′ wohl jede Spur derselben geschwunden ist. Sodann entnehmen wir aus den Versuchen von Hylan und Krauss, dass die Zusammensetzung der Einzelcurven ungefähr bei 15—20′ das günstigste, bei 10′ das ungünstigste Ergebniss liefern muss, dem bei 5′ eine erste Steigerung vorhergeht, während nach der günstigsten Pause ein langsamer Abfall folgt. Lindley's Versuchsperson zeigt eine günstigste Pause bei 15′. Es ist jedoch im Hinblicke auf die bedeutendere Länge dieser Pause bei den anderen Personen anzunehmen, dass sie in Wirklichkeit wohl noch jenseits von 15′, etwa bei 20′, gelegen war; auch die geringe Abnahme des Pausengewinnes von 15′ zu 30′ spricht dafür, dass wir bei genügender Abstufung der Versuche die günstigste Pause zwischen diesen beiden Zeiten gefunden haben würden.

Die angeführten Erfahrungen erlauben uns, wenigstens in den gröbsten Umrissen das gegenseitige Verhältniss der einzelnen zusammenwirkenden Einflüsse von 5′ zu 5′ Pause derart abzustufen, wie es etwa

der Wirklichkeit entsprechen könnte. Nach vielen vergeblichen Bemühungen ist es mir gelungen, einen Verlauf der Werthe für Uebungsverlust und Erholung zu finden, der im Verein mit den übrigen bestimmenden Einflüssen einerseits ziemlich stetige und darum wahrscheinliche Curven liefert, andererseits diejenigen Schwankungen der Leistungscurve in den einzelnen Abschnitten der Pausenwirkung bedingen würde, die wir nach den Versuchen von Hylan und Krauss erwarten müssten. Ich bin dabei von der allerdings willkürlichen Annahme ausgegangen, dass der kleine Ermüdungsrest, den wir nach den Erfahrungen von Rivers am Ende der halbstündigen Pause noch voraussetzen müssen, sich auf 8 Zahlen für 5′ belaufe. Nehmen wir ferner an, dass ein Gewöhnungsverlust von 5 Zahlen stattgefunden habe, was ungefähr der Wirklichkeit an einem ersten Versuchstage entsprechen dürfte, so ergibt ein Aufbau dieser Zahlen auf dem Ausgangswerthe von 393 Zahlen, dass der nach der Pause verbliebene Uebungsrest noch 50 Zahlen betragen muss, wenn der wirklich gefundene Werth zu stande kommen soll. Der Erholungswirkung von 197 Zahlen stand also ein Uebungsverlust von 149 Zahlen in der halbstündigen Pause gegenüber. Freilich sind diese Werthe etwa viermal so groß wie die früher aus den längeren Pausen abgeleiteten, aber sie sind ohne Zweifel weit richtiger, da Erholung wie Uebungsverlust in den ersten 10—15′ sicher unvergleichlich schneller von statten gehen, als späterhin.

Die Zahlenwerthe, in die sich die hier entwickelten Annahmen umsetzen lassen, sind in Tabelle VII zusammengestellt.

Tabelle VII.

Pausendauer	5′	10′	15′	20′	25′	30′
Uebung	135	96	81	70	62	56
Ermüdung	125	80	45	19	12	10
Anregung	28	13	5	0	0	0
Gewöhnung	49	48	47	46	45	45
Leistung	480	470	481	490	488	484

Die diesen Werthen entsprechenden Curven habe ich auf der Tafel in die Pausenzeit eingetragen. Wir erkennen dort, wie die

Gewöhnung fast unverändert die Pause überdauert, während die Anregung nach Ablauf von 10′ nahezu, nach 15′ ganz geschwunden ist. Uebung und Ermüdung verlieren sich anfangs sehr schnell, dann langsamer, erstere, wie es der Erfahrung entspricht, in weniger steilem Abfalle als letztere. Die Uebungscurve wird zuletzt immer flacher. ein Zeichen dafür, dass der Uebungsrest sich lange zu erhalten strebt. Würde der ganze Rest von 50 Zahlen bis zum nächsten Tage andauern, so würden wir einen täglichen, halbstündigen Uebungszuwachs von 300 Zahlen zu verzeichnen haben. Unsere Berechnung hatte früher 276 Zahlen ergeben. Dabei ist zu berücksichtigen einmal. dass natürlich der am Ende der halbstündigen Pause vorhandene Uebungsrest bis zum nächsten Tage doch noch erheblich sinken wird. andererseits, dass derselbe durch die Uebung der nächsten, allerdings etwas mehr unter Ermüdungseinfluss stehenden halben Arbeitsstunde verstärkt werden wird. Man darf vielleicht sagen, dass unter den hier gemachten Annahmen und dem wirklich gefundenen Ergebnisse für den heutigen Stand unserer Kenntniss kein gröberer Widerspruch besteht; es erscheint recht wohl möglich, dass unter den gegebenen Verhältnissen der Uebungsrest am nächsten Tage ungefähr die gefundenen Werthe erreicht.

Auch die Ermüdungscurve verläuft in ihrem letzten Theile wesentlich flacher. Es hat sich, wenn das gegenseitige Verhältniss zwischen Uebung und Ermüdung während der Pause in den einzelnen Abschnitten den sonstigen Erfahrungen überall entsprechen sollte, nicht vermeiden lassen, dass die Abflachung der Curve ziemlich plötzlich einsetzte. Wie ich denke, hat dieser Verlauf nichts Unwahrscheinliches. Wir haben bereits darauf hingewiesen, dass wir auch bei der geistigen Ermüdung Anlass haben, zwischen der vorübergehenden Lähmung durch giftige Zerfallsstoffe und der langsamer sich ausgleichenden Erschöpfung des Kräftevorrathes zu unterscheiden. Vielleicht haben wir uns die Erholungscurve aus zwei Theilcurven zusammengesetzt zu denken, von denen die eine, steiler verlaufende, der Durchspülung der Gewebe entsprechen würde, während die andere, weit niedrigere, aber langsamer abfallende Curve die allmähliche Zufuhr frischen Kraftvorrathes durch das Blut wiedergäbe. Die Richtungsänderung in unserer Zeichnung könnte den Schnittpunkt dieser beiden Curven bezeichnen.

Das Ergebniss aller in der Pause noch sich abspielenden Vorgänge habe ich in der punktirten schwarzen Linie angedeutet. Sie zeigt an, mit welchem Betrage die Leistung unter Annahme mittlerer Willensspannung einsetzen würde, wenn sie nach Pausen von verschiedener Dauer wieder aufgenommen würde. Wir hätten somit nach dem wirklich gefundenen Endwerth der ersten halben Stunde zunächst eine leichte Steigerung, dann bei 10′ den ungünstigsten Stand der Leistung, nach 20′ den günstigsten. Von da ab wird die Leistung bei dem ungemein langsamen und geringfügigen Fortschreiten der Erholung fast ausschließlich durch den Uebungsverlust bestimmt, sinkt also allmählich.

In der zweiten halben Arbeitsstunde sehen wir dieselben Vorgänge wieder in Wirksamkeit treten wie vor der Pause. Allerdings ist der Uebungsfortschritt, der sich auf dem Uebungsreste aufbaut, aus den verschiedenen, früher angeführten Gründen in langsamem Sinken begriffen. Auch die Ermüdung nimmt gegen Schluss der Arbeit in Folge der größeren Uebung ein wenig ab, behält aber dauernd das Uebergewicht über die Uebungswirkungen, so lange diese nicht durch den Uebungsrest und die sich rasch wieder entwickelnde Anregung wesentlich unterstützt wird. Dem entspricht in der gefundenen Curve die leichte Senkung am Schlusse nach anfänglichem Ansteigen. Wir dürften wohl erwarten, dass bei weiterem Fortarbeiten die Ermüdungseinflüsse immer entscheidender den Verlauf herabgedrückt haben würden.

In der gefundenen Curve zeigt der 4. Werth eine auffallende, sich rasch wieder ausgleichende Senkung. Wir kennen die Ursache derselben nicht, um so weniger, als es sich um eine Durchschnittscurve handelt. Ich habe mir, nur um das innere Geschehen bei einem solchen Vorgange darstellen zu können, die Annahme erlaubt, dass hier eine ablenkende Störung die Minderleistung verschuldet habe. Demgemäß habe ich hier der Gewöhnungscurve eine kleine Senkung gegeben, um anzudeuten, dass die völlige Fernhaltung von Nebenvorgängen in diesem Arbeitsabschnitte nicht gelungen sei. Zugleich war eine geringe Abnahme der Willensspannung zu verzeichnen, nachdem im Beginne der halben Stunde ein mäßiger Antrieb stattgefunden hatte. Der Erfahrung entsprechend folgt aber in unserer Darstellung dem Sinken der Willensleistung, wie sie durch die Ablenkung bedingt wird, sofort eine stärkere Anspannung zum

Ausgleiche der Störung, ein »Störungsantrieb«, der bis zum Schlusse des Versuches andauert. Da er sich im letzten Abschnitte noch erheblich steigert, haben wir hier nicht mehr eine Nachwirkung der ja nur willkürlich angenommenen Störung, sondern entweder einen Müdigkeitsantrieb in Folge der allmählich stärker werdenden Ermüdung oder einen Schlussantrieb vor uns, falls die Versuchsperson das bevorstehende Ende des Versuches voraussah.

Die Zahlenwerthe, die wir unserer Zeichnung für die letzte halbe Arbeitsstunde zu Grunde gelegt haben, geben wir in der Tabelle VIII wieder.

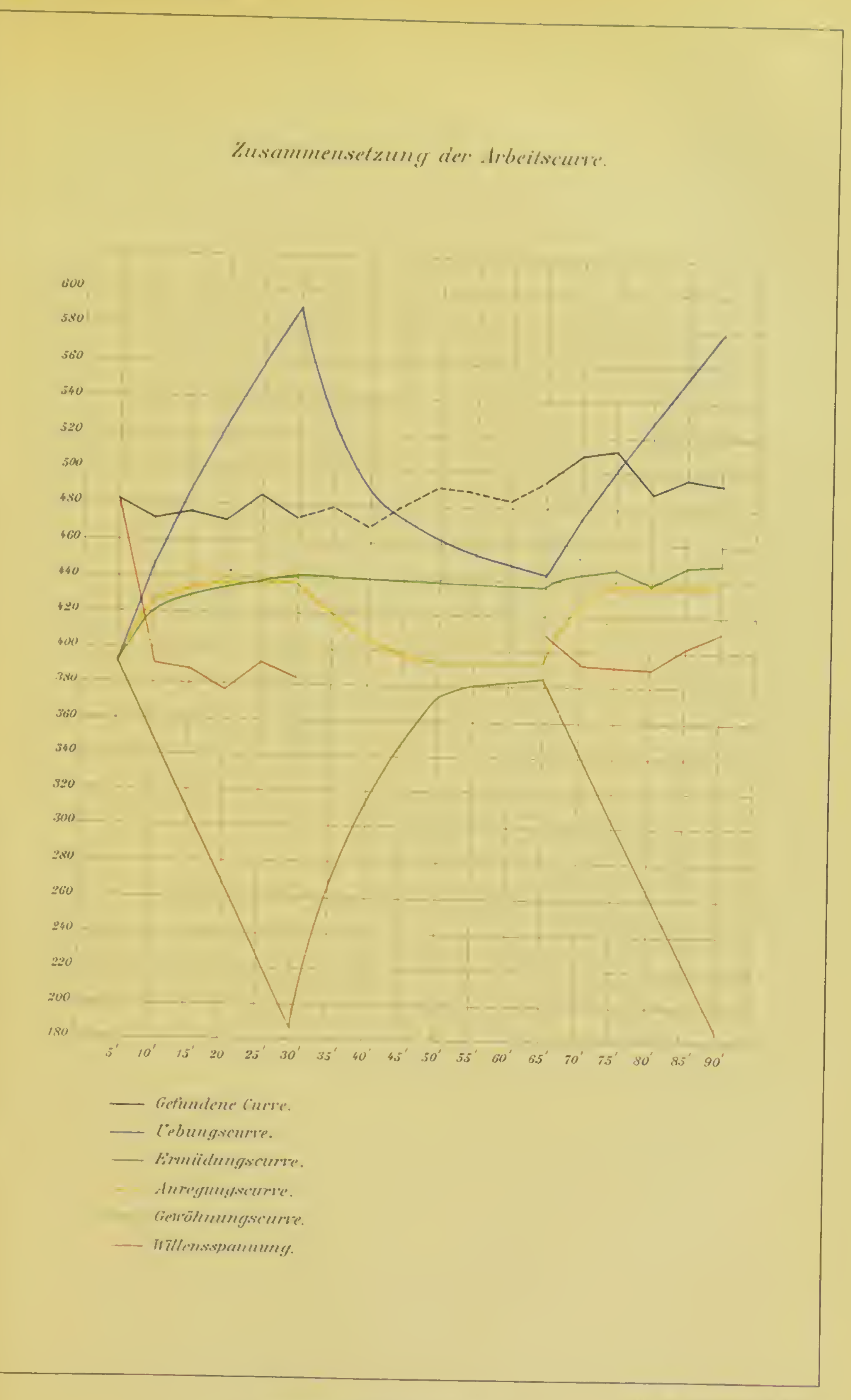
Tabelle VIII.

Abschnitte	1	2	3	4	5	6
Uebung	50	81	110	137	163	188
Ermüdung	8	49	90	130	169	207
Anregung	0	35	45	45	45	45
Gewöhnung	45	50	54	46	56	57
Antrieb	+ 16	0	— 1	— 2	+ 9	+ 18

Wir können nicht im unklaren darüber sein, dass sich gegen den hier unternommenen Versuch, mit vor der Hand ganz unzulänglichen Hülfsmitteln eine Arbeitscurve in ihre Bestandtheile zu zerlegen, im allgemeinen wie im einzelnen gewichtige Bedenken erheben lassen, wie wir sie in unseren Erörterungen schon vielfach angedeutet haben. Dennoch sind wir an einen solchen Entwurf herangetreten, zunächst, um den allgemeinen Anschauungen, die man aus den bisherigen Versuchen über die Zusammensetzung der Arbeitscurve gewinnen konnte, einen möglichst übersichtlichen Ausdruck zu geben. Wenn wir uns dabei nicht mit einer ganz willkürlich entworfenen Zeichnung begnügt, sondern uns der äußerst mühseligen Arbeit unterzogen haben, zahlenmäßige Grundlagen für die Zergliederung einer bestimmten, gegebenen Curve aufzusuchen, so geschah das in der Absicht, die Lücken unseres Wissens deutlich zu machen und zugleich die Angriffspunkte für neue Untersuchungen klarzulegen. Wer einen tieferen Einblick in die verwickelten Entstehungsbedingungen der Arbeitscurve gewonnen hat, wird sehr zweifelnd der Möglichkeit gegenüberstehen, dass wir zu einem praktisch brauchbaren und zugleich

zuverlässigen Verfahren der Ermüdungsmessung durch irgend einen besonders glücklichen Einfall gelangen werden. Weit wahrscheinlicher ist es mir, dass uns eine sorgfältige Erforschung der Arbeitscurve in allen ihren Einzelheiten zum Ziele führen kann. Wenn wir es erst verstehen, sicherere Grundlagen für den Aufbau der einzelnen Arbeitscurve aufzufinden, als sie in unserem Beispiele zu Gebote standen, wird es voraussichtlich auch gelingen, durch zweckmäßige Vertheilung von Arbeit und Ruhe ein Maßverfahren zu ersinnen, welches uns rasch mit den wesentlichsten Eigenschaften der Versuchsperson, ihrer Uebungsfähigkeit und ihrer Ermüdbarkeit, vertraut macht. Schon jetzt würde die Feststellung der günstigsten Pause, zu der uns die Versuche geführt hatten, ein Urtheil in der genannten Richtung ermöglichen. Es kann aber wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir auch einfachere und leichter zu beschreitende Wege zum Ziele auffinden werden, wenn wir erst die Karte des Landes vervollständigt haben, in dem wir uns zurechtfinden sollen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.


ROYAL COLLEGE OF SURGEONS OF
30 JAN